

Jere Nieminen

**KELLOSAAREN VARAVOIMALAITOKSEN
AUTOMAATIOUUSINNAN ESISELVITYS**

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Syyskuu 2010



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Tekniikka ja liiketalous Kokkola	Aika Syyskuu 2010	Tekijä/tekijät Jere Nieminen
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi Kellosaaren varavoimalaitoksen automaatiouusinnan esiselvitys		
Työn ohjaaja Mikko Mäkipetäjä		Sivumäärä 50+2
Työelämäohjaaja Pekka Salimäki		
<p>Tämä opinnäytetyö käsittelee kaasuturbiinivoimalaitoksen automaation modernisoinnin esiselvitystä Helsingin Energian omistamalla Kellosaaren vara- ja huippuvoimalaitoksella. Laitos on vuokralla Fingrid Oy:llä, joka vastaa sen tuotannosta. Modernisoinnin esiselvityksen tarkoituksena on kerätä yhteen pohjatiedot tulevaa automaatiohankintaa silmällä pitäen ja muodostaa niiden pohjalta tarjouspyyntö mahdollisille automaatiotoimittajille.</p> <p>Työssä käydään läpi laitoksen toimintaa sekä pureudutaan olemassa olevaan dokumentointiin siinä määrin kuin esiselvitys sitä vaatii. Laitoksen dokumentoinnin kartoittamisessa ongelmaksi muodostui arkistoiden hajautettu sijoitus sekä alkuperäisen laitetoimittajan puutteellinen dokumentointi. Lisäksi tässä työssä käydään läpi sähköntuotannon monimuotoisuutta Suomessa sekä pohditaan käytännön vaatimuksia voimalaitoskäyttöön soveltuvan automaatiojärjestelmän toiminnoista.</p> <p>Laitoksen modernisoinnin käynnistävänä tekijänä toimivat tarve laitoksen käyttöiän jatkamiselle 20 vuodella tulevaisuuteen sekä pääasiassa kaukokäytöllä käytettävän laitoksen käyttövarmuuden parantaminen nykyhetkestä. Koska vanha automaatiojärjestelmä sekä laitetekniikka ovat peräisin 1970-luvun alkupuolelta, ne ovat tulleet elinkaarensa päähän. Täten edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi laitoksen koko automaatiojärjestelmän uusiminen on ajankohtaista.</p>		

Asiasanat

kaasuturbiini, varavoimalaitos, automaation modernisointi

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date September 2010	Author Jere Nieminen
Degree programme Automation Engineering		
Name of thesis A Fleasibility Study for Modernisation of Automation in a Standby Power Plant in Kellosaari		
Instructor Mikko Mäki-Petäjä		Pages 50+2
Supervisor Pekka Salimäki		
<p>This thesis deals with the fleasibility study of modernization of automation at a gas turbine powered power plant in Kellosaari, Helsinki. The power plant is under the ownership of Helsingin Energia, which has rented it to Fingrid Ltd. Kellosaari is used mainly as a peak load and standby power plant. Fingrid Ltd. is in charge of the power plant's production. The goal of this thesis was to gather up the foundation for the upcoming acquisition of automation and to produce a call of bids for the possible automation suppliers.</p> <p>In this thesis the functions of the power plant and the documentation were gone through according to the need of the preliminary clarification. The mapping of the documentation formed to be a slight problem, because of the scattered placement of the documentation, and the faulty documentation by the original supplier. In addition this thesis discusses the diversity of energy production in Finland and contemplates the demands of an automation system in the demanding surroundings of a power plant.</p> <p>The reasons for this modernization project can be found in the need to increase the operating life of the power plant twenty years to the future, and to improve the operations of this power plant. The power plant is mainly used by remote drive, so it is important that it stars immediately as it is needed. The automation system and the field equipment of the power plant dated from the early 70's have reached the end of their product life circle. For reaching these objectives it is necessary to renew the whole automation of the power plant.</p>		
Key words Gas turbine, reserve power plant, modernization of automation		

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	SÄHKÖNTUOTANTO YLEISESTI	3
2.1	Sähköntuotanto Suomessa	3
2.2	Polttokäyttöisen voimalaitoksen toiminta	4
2.3	Kaasuturbiinivoimalaitos	5
2.4	Varavoimalan käyttötarkoitus	7
3	VOIMALAITOSAUTOMAATIO	8
3.1	Yleistä	8
3.2	Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä	9
3.3	Pääautomaatiojärjestelmä	10
3.4	Turvallisuuteen liittyvät järjestelmät	13
4	AUTOMAATIOSUUNNITTELU	16
4.1	Automaatiosuunnittelun elinkaarimalli	17
4.2	Lähtötiedot ja vaatimukset	18
4.2.1	Lähtötiedot	19
4.2.2	Vaatimukset	20
5	KELLOSAAREN KAASUTURBIINILAITOS	22
5.1	Prosessi	23
5.1.1	Turbiini 1	26
5.1.2	Turbiini 2	26
5.2	Laitoksen käyttö	27
5.3	Paikallisvalvomo	27
5.4	Askelautomaatiikka	28
5.5	Elektroniikka	29
5.6	Käytönvalvontalaitteisto	29
5.7	Kellosaaren automaatiojärjestelmä	32
5.7.1	Toimintaryhmäohjaus	32
5.7.2	Alaryhmäohjaus	33
5.7.3	Yksittäisohjelmataso ja lukitukset	33
5.8	Käsi­käytön ja alaryhmäohjauksen välinen yhteistoiminta	34
5.9	Automaattisen ohjauksen ja säädön yhteistoiminta	34
6	AUTOMAATION MODERNISOINTI	35
6.1	Modernisoinnin tavoitteet	35
6.2	Paikalliset olosuhteet	35
6.3	Laajuus	36
6.4	Uusi järjestelmä ja laitteisto	37
6.5	Esimerkkinä Franken tehta­an modernisointi	38
7	ESISELVITYS	41
7.1	Lähtötietojen kartoittaminen	41
7.2	Palaverit toimittajien kanssa	42
7.3	Kaukokäyttöliittymä	43
7.4	Kenttälaitteet	45
8	ARVIOINTI JA POHDINTA	47
	LÄHTEET	49
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi Helsingin Energian omistaman Kellosaaren kaasuturbiinivoimalaitoksen automaatiomodernisoinnin esiselvitystä. Kellosaaren voimalaitos toimii huippu- ja varavoimalaitoksena, ja sen käyttöoikeudet on vuokrattu Fingrid Oy:lle. Voimalaitos käsittää kaksi turbiiniblokkia, joista molemmat ovat teholtaan 60 MW:n luokkaa. Polttoaineena molemmilla blokeilla käytetään kevyttä polttoöljyä.

Kellosaaren voimalaitoksen kaasuturbiiniblokit on otettu käyttöön perättäisinä vuosina 1973 (Kellosaari 1) ja 1974 (Kellosaari 2). Laitoksella käytössä oleva automaatiojärjestelmä on alkuperäistä transistorilogiikalla toteutettua laitetekniikkaa. Järjestelmän ohjaukset ja säätölogiikat toimivat korttijärjestelmillä SIMATIC N ja SIMATIC P ja turbiinisäädöstä vastaa korttijärjestelmä TRANSIDYN B.

Kaasuturbiinivoimalaitoksen käyttö vara- ja huippuvoiman tuotannossa on yleistä laitoksen hankintahinnan edullisuuden, nopean käynnistettävyyden, tehontuoton, sekä vähäisen henkilöstön vaatimusten johdosta. Kellosaaren voimalaitos on suunniteltu täysin automatisoiduksi, miehittämättömäksi voimalaitosyksiköksi.

Tämän työn tavoitteena on kerätä yhteen tarvittavat lähtötiedot Kellosaaren voimalaitoksen prosessista sekä toimintaan ja käyttöön liittyvistä tiedoista, jotta pystytään muodostamaan kilpailutettava tarjouspyyntö automaation modernisoinnille. Tarkoituksena on tuottaa tekninen selvitys laitoksen automaation kokonaiskuvasta käyttäen apuna laitoksen alkuperäistä dokumentointia. Ongelmaksi tässä muodostui alkuperäisen dokumentoinnin puutteellisuus ja hajautettu sijoitus. Lisäksi Kellosaaren tyyppisten pienten voimalaitosten asiantuntemus siirtyy usein yrityksen sisällä hiljaisena tietona eteenpäin eikä sen löytäminen aina ole helppoa tai edes mahdollista.

Kellosaaren voimalaitoksella on vuosien myötä tehty useita järjestelmään liittyviä muutoksia vanhan järjestelmän osittaisen vikaantumisen johdosta. Tämä vaikeuttaa entisestään epäselvän kokonaisuuden hahmottamista sekä selkeän yhteenvedon tekemistä. Suurimpia muutostöitä ovat olleet uusittu käytönvalvontalaitteisto HIMA, joka korvasi vioittuneen alkuperäisen käytönvalvontajärjestelmän MALKAN 1990-luvulla, sekä jälkiasennuksena tehty energianhallintajärjestelmä SPIDER, joka otettiin käyttöön 1990-luvun lopussa. SPIDER-järjestelmän ala-asema I33 vastaa laitoksen kaukokäytön toiminnasta. SPIDER-järjestelmä poistuu käytöstä loppuvuodesta 2010, ja sen tulee korvaamaan uusi energiahallintajärjestelmä TOSCA. Tämän johdosta ala-asema I33 korvataan uudella kaukokäyttökojeella, jonka on määrä toimia myös kaukokäyttöä ohjaavana järjestelmänä.

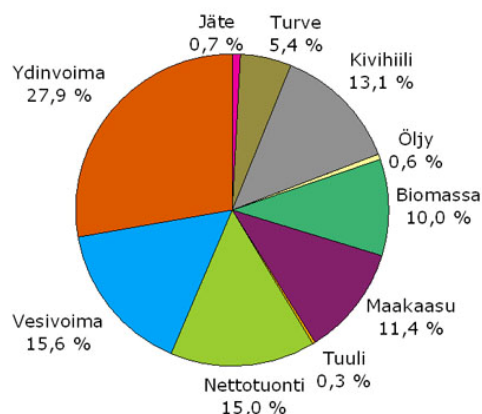
2 SÄHKÖNTUOTANTO YLEISESTI

2.1 Sähköntuotanto Suomessa

Sähköntuotanto Suomessa on hyvin monipuolista, sillä käytössä on useita erilaisia tuotantomuotoja erilaisilla energialähteillä. Tärkeimmät tuotantomuodot ovat ydinvoima, vesivoima, kivihiili, maakaasu, turve sekä puupolttoaineet. Tuulivoiman käyttö sähköntuotannossa ei ole Suomen mittakaavassa kovinkaan mittavaa, mutta sen käyttöä pyritään jatkuvasti lisäämään sen ympäristöystävällisyyden johdosta. (Energiateollisuus 2010.)

Suomessa sähköä tuottaa noin 120 energia-alan yritystä noin 400:ssa eri voimalaitoksessa ympäri Suomea. Näistä 400 voimalaitoksesta noin puolet on vesivoimalaitoksia. Tällainen hajautettu tuotantorakenne ei ole kovinkaan yleistä muualla Euroopassa, mutta tämä toimintamalli lisää Suomen kaltaisen harvaan asutetun maan sähköntuotannon varmuutta. (Energiateollisuus 2010.)

Sähköntuotannon tehokkuutta (voimalaitoksen hyötysuhde) saadaan lisättyä kun yhdistetään siihen lämmön tuotanto. Suomessa tuotettavasta sähköstä noin kolmannes tuotetaan yhteistuotantona lämmön kanssa. Tämän avulla sähköntuotannossa syntyvä lämpö saadaan hyötykäyttöön ja käytettävän polttoaineen energiasta jopa 90 % saadaan talteen. Kuviossa 1 esitetään sähköntuotannon jakautuminen eri energialähteille vuonna 2009. (Energiateollisuus 2010.)



KUVIO 1. Sähkön tuotanto Suomessa energialähteittäin vuonna 2009 (Energiateollisuus 2010.)

Nykypäivän trendi energiantuotannossa kulkee kohti hiilineutraalia tulevaisuutta. Helsingin Energia on käynnistänyt kehitysohjelman, jossa tavoitteena on korvata hiili polttoaineena seuraavien vuosikymmenien aikana. ”Kasvava biopolttoaineiden käyttö, tuulivoiman lisärakentaminen ja myöhemmässä vaiheessa uuden monipolttoainevoimalaitoksen rakentaminen sekä hiilidioksidin talteenotto ovat tulevaisuuden mahdollisia investointeja, joita tarvitaan energiantuotannolle asetettuihin ilmastohaasteisiin vastaamiseen”, toteaa Helsingin Energian toimitusjohtaja Seppo Ruuhonen kirjoituksessaan Mittavia investointeja ja uusia innovaatioita (Ruuhonen 2010).

2.2 Polttokäyttöisen voimalaitoksen toiminta

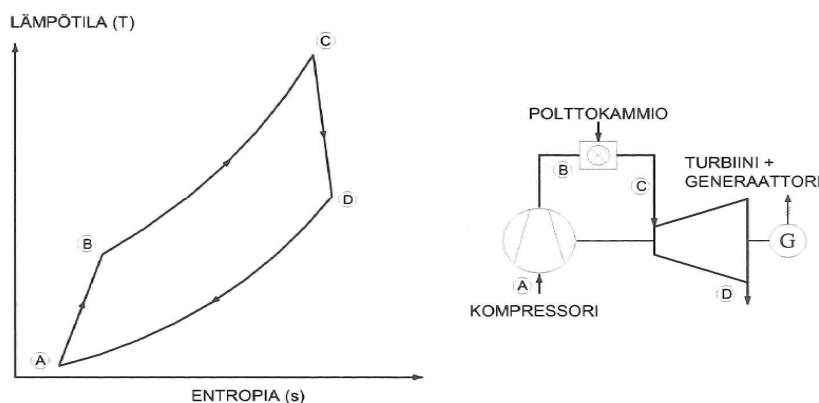
Energiantuotanto voimalaitoksissa tapahtuu siten, että palava liekki ja sen avulla syntyvät kuumat savukaasut kuumentavat höyrykattilan seinien putkissa kulkevan veden höyryksi. Syntynyt vesihöyry ohjataan sitten höyryturbiiniin. Höyryn kulkiessa turbiinin akselissa kiinni olevien siipien lävitse höyryturbiinin roottori lähtee pyörimään. Roottorin kanssa samaan akseliin kiinnitetyn generaattorin pyörimisliikkeen energia muutetaan sähköenergiaksi. (Helsingin Energia 2010.)

Voimalaitoksen hyötysuhteen parantamiseksi turbiinin läpi ahdettu höyry kerätään talteen sen sisältämän suuren lämpöenergian vuoksi. Höyry lauhdutetaan takaisin vedeksi käyttämällä kaukolämpöverkon vettä. Näin saadaan hyödynnettyä muuten hukkaan menevä lämpö kaukolämmöllä toimivien asuntojen lämmitykseen. Tämä käytäntö nostaa voimalan hyötysuhteen parhaillaan jopa 92 %:iin. (Helsingin Energia 2010.)

Kun sähköä tuotetaan polttamalla fossiilisia polttoaineita, joita ovat esimerkiksi öljy, maakaasu ja kivihiili, tulee aina huomioida prosessissa syntyvät päästöt. Maakaasulla toimivien voimaloiden polttoaineena käytettävä maakaasu koostuu hiilestä ja vedystä, joita poltettaessa syntyy hiilidioksidia ja vettä. Hiiltä poltettaessa happamia sateita aiheuttavia typpipäästöjä syntyy kuusinkertainen määrä kaasuvoimalaan verrattuna. Lisäksi hiiltä poltettaessa pitää kiinnittää huomio syntyviin rikki- ja pölypäästöihin. Näitä varten hiilivoimalaitoksilla on erikseen omat rikinpoistolaitokset ja savukaasujen tuhkanerottimet, joissa haitalliset pienhiukkaset saadaan kerättyä talteen. (Helsingin Energia 2010.)

2.3 Kaasuturbiinivoimalaitos

Kaasuturbiinin käyttö saavutti aluksi suosiota huippu- ja varavoiman tuotannossa. Tämä johtuu laitoksen suhteellisen alhaisesta hankintahinnasta ja nopeasta ylösajosta tarpeen vaatiessa. Lisäksi kaasuturbiinilaitos toimii vähäisellä henkilökunnalla. Vuosien kuluessa laitosten tekniikka on kehittynyt hyvin luotettavaksi ja kaasuturbiinivoimalaitoksia on alettu käyttää jatkuvassa käytössä sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Varsinkin maakaasun jatkuva suosion kasvu tulee lisäämään kaasuturbiinilaitosten kysyntää tulevaisuudessa. (Joronen, Kovács & Majanne 2007, 34.)



KUVIO 2. Kaasuturbiiniprosessi (Brayton-prosessi) (Joronen ym. 2007, 35.)

Kaasuturbiinissa ilma ohjataan kompressorin (A) avulla polttokammioon (B). Polttokammiossa savukaasujen lämpötila nostetaan mahdollisimman korkeaksi polttamalla ulkoista polttoainetta, esimerkiksi öljyä tai maakaasua. Tämän jälkeen kuumat savukaasut kulkevat turbiinin siivistön läpi aiheuttaen kaasuturbiinin roottorin pyörimisen. Turbiinitehoksi saadaan tässä vaiheessa n. 70 % polttoainetehosta. Turbiinitehosta kuitenkin noin puolet kuluu kompressorin pyörittämiseen, eli vain puolet siitä voidaan hyödyntää generaattorissa sähköenergian tuottamiseksi. Tässä vaiheessa hyötysuhde on jo pudonnut niin alhaiseksi, että pelkästään kantaverkon jatkuvaan sähköntuotantoon ei kaasuturbiinia kannata käyttää. (Joronen ym. 2007, 34.)

Savukaasut lämmitetään polttokammiossa n. 1200 °C:seen, uusissa laitoksissa jopa 1500 °C:seen. Korkeasta alkulämpötilasta johtuen kaasun keskimääräinen siirtolämpötila nousee aina 700 °C:seen. Hyödyntämällä prosessissa syntyvää kaasun korkeaa lämpötilaa mahdollisimman tehokkaasti lämmöntuotannon yhteydessä saavutetaan kaasuturbiinivoimalan potentiaalinen mahdollisuus toimia yhä paremmalla hyötysuhteella. Kaasuturbiineja kehitetään nykypäivänä siihen suuntaan, että materiaali- ja jäähdytysratkaisut mahdollistaisivat korkeampien sisäänmenolämpötilojen käytön. (Joronen ym. 2007, 34.)

Epäedulliseksi kaasuturbiiniprosessin tekee poistokaasujen korkea lämpötila. Lämpötila voi nousta jopa 600 °C:seen. Mikäli poistolämpöä ei hyödynnetä, jää sähköntuotannon net-

tohyötysuhteeksi noin 33 %. Poistokaasuja pyritään hyödyntämään lämmöntuotannossa käyttämällä kuumia kaasuja suoraan lämmitykseen tai siirtämällä kaasujen sisältämä lämpöenergia höyry- tai vesikiertoon. Taulukossa 1 esitetään kaasuturbiiniprosessin ominaisuuksia. (Joronen ym. 2007, 35.)

TAULUKKO 1. Kaasuturbiiniprosessin ominaisuuksia (Joronen ym. 2007, 34.)

Edut	Haitat
Edullinen hankintahinta	Huono hyötysuhde, erityisesti osakuormalla
Yksinkertainen ohjaus- ja käyttöautomaatiikka	Soveltuu vain nestemäisille ja kaasumaisille polttoaineille
Nopea käynnistettävyys	NO _x -päästöt

2.4 Varavoimalan käyttötarkoitus

Varavoimaloiden ylläpito perustuu sähkönsaannin turvaamiseen yllättävissäkin tilanteissa. Varavoimakapasiteetin hyödyt tulevat esille vasta äärimmäisissä tilanteissa, esimerkiksi valtakunnallisen voimantuotantojärjestelmän toimivuuden ollessa uhattuna jonkin suuren sähköntuotantolaitoksen vikaantuessa tai päävoimansiirtoverkossa eli kantaverkossa ilmenevän vakavan häiriön vuoksi. Varavoimakapasiteetin hyödyntäminen on kannattavaa myös silloin, kun kantaverkon tehotasapainon ylläpito ei enää onnistu tavanomaisin keinoin. Varavoimalaitokset ovat yleensä miehittämättömiä, kaukokäytöllä ohjattavia täysin automatisoituja voimalaitoksia. (Fingrid hankkii varavoimaa 2010.)

Suomen kattavimman varavoimaverkoston ylläpidosta vastaa Suomen Kantaverkko Oy:n (Fingrid) tytäryhtiö, Fingrid Varavoima Oy, joka ylläpitää 21:tä varavoimatarkoitukseen hankittua kaasuturbiiniyksikköä. Yksiköiden tehot vaihtelevat 20–60 MW:iin, ja kokonaiskapasiteetti nousee noin 600 MW:iin. (Fingrid hankkii varavoimaa 2010.)

3 VOIMALAITOSAUTOMAATIO

3.1 Yleistä

Voimalaitosten korkea automaatioaste sekä kyky hallita voimalaitosprosessin häiriö- ja vaaratilanteita asettavat omat haasteensa voimalaitoksissa käytettäville automaatiojärjestelmille. Lisäksi voimantuotannon varmuusvaatimukset sekä järjestelmältä vaadittava suorituskyky rajoittavat voimalaitoksissa käytettävää automaatiota. Pääasiassa voimalaitoksilla käytetään aivan samoja automaatiojärjestelmiä kuin prosessiteollisuudessa, mutta järjestelmien toteutuksessa korostuu voimalaitosvaatimusten vaikutus. Korkeiden vasteaikavaatimusten johdosta kaikki järjestelmäratkaisut eivät kuitenkaan ole mahdollisia toteutettaviksi voimalaitosolosuhteissa. (Joronen ym. 2007, 184.)

Voimalaitosautomaatiolle tyypillistä on vanhan hyväksi todetun käytännön ylläpitäminen. Perinteisten sovellusten käytöstä pidetään kiinni eikä olla ensimmäisten joukossa valmiita kokeilemaan uusia järjestelmäratkaisuja. Tästä esimerkkinä toimii kenttäväyläratkaisujen yleistyminen muualla teollisuudessa huomattavasti nopeammin kuin voimalaitoksilla. Kenttäväyläratkaisut ovat vasta nyt löytämässä tietään uusimpiin teollisuusvoimalaitoksiin. (Joronen ym. 2007, 185.)

Voimalaitos on automaation kannalta tarkasteltuna melko nopea prosessi, jonka säätöjen ja ohjausten hallinta muodostavaa kokonaisuudessaan haastavan prosessin. Voimalaitoksen pitää pystyä nopeasti reagoimaan tarvittavan tehon nousuun tai laskuun. Lisäksi voimalaitoksen käynnistys ja alasajo tulee olla mahdollista riittävän lyhyessä ajassa. Säätöjen monimutkaisuus ja pienet toleranssit saattavat tuottaa vaikeuksia järjestelmälle. (Joronen ym. 2007, 185.)

Pyrittäessä mahdollisimman korkeaan hyötysuhteeseen joudutaan laitoksia ajamaan aivan rakennemateriaalien kestävyvyn äärirajoilla. Tätä pyritään estämään pitämällä paine ja lämpötila mahdollisimman hyvin toleransseissaan. Muita laitoksen automaatioon vaikuttavia tekijöitä ovat mm. järjestelmältä vaadittava vikasietoisuus, kaukokäytön mahdollistaminen ja erilaisten ajotapojen suuri määrä. (Joronen ym. 2007, 185.)

3.2 Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä

Voimalaitoksen automaatio toteutetaan perinteisesti useammassa erillisessä automaatiojärjestelmässä, jotka ovat kytköksissä toisiinsa pääautomaatiojärjestelmän kautta. Tyypillinen pääautomaatiojärjestelmä on digitaalinen hajautettu automaatiojärjestelmä DCS, joka hoitaa valtaosan voimalaitoksen valvonnasta, säädöistä ja ohjauksista. Pääautomaatiojärjestelmä sisältää ainakin pääprosessin mittaukset, säädöt ja ohjaukset. Näiden lisäksi voimalaitosprosessi sisältää osaprosesseja ja laitteistoja, joilla on täysin omat ohjausjärjestelmänsä. Tällaisia ovat mm. kaasun- ja höyryturbiinit sekä niiden generaattorit ja lisäksi savukaasujen puhdistuksessa käytettävät puhdistuslaitteet kuten, sähkö- ja letkusuodattimet. Nämä erilliset järjestelmät liitetään pääjärjestelmään siten, että niitä on mahdollista operoida ja valvoa päävalvomosta käsin. Lisäksi voimalaitoksilla on sivu- ja apuprosesseja, joiden automaation toteutus voidaan tehdä joko pääjärjestelmässä erillisellä ohjelmoitavalla logiikalla tai jollakin muulla erillisjärjestelmällä. Tällaisia prosesseja ovat vedenkäsittelylaitos, kiinteän polttoaineen vastaanotto- ja kuljetuslaitteet, pneumaattiset kuljetuslaitteet ja LVI-laitteet. (LIITE1). (Joronen ym. 2007, 185.)

Erillisjärjestelmän käyttö voi olla taloudellisesti sekä hankinnallisesti edullisempaa, mutta on pidettävä mielessä myös prosessin käytettävyys sekä kunnossapitoon liittyvät seikat. Mitä vähemmän järjestelmiä hajautetaan, sitä vähemmän prosessiin tulee päällekkäisyyksiä ja mitä vähemmän prosessissa on erillisjärjestelmiä ja laitevalikoimaa, sitä helpommin kunnossapito pysyy hallinnassa. (Joronen ym. 2007, 186.)

Täysin erillisiä automaatiojärjestelmiä ovat turvallisuuteen liittyvät järjestelmät (TLJ). Nämä muodostavat muista järjestelmistä irralliset itsenäiset järjestelmänsä. Turvallisuuteen liittyvät järjestelmät muodostuvat turvallisuuskäyttöön sertifioituista komponenteista. TLJ:n tehtävänä on ajaa prosessi turvalliseen tilaan häiriötilanteissa. (Joronen ym. 2007, 186)

3.3 Pääautomaatiojärjestelmä

Seuraavassa on esitetty esimerkkilista pääautomaatiojärjestelmältä vaadittaville perusominaisuuksille. (Joronen ym. 2007, 187–188.)

- Käytettävyyden ja turvallisuuden kannalta järjestelmältä vaaditaan yksittäisen vian sietokykyä. Tunnistettava yksittäinen vika ei saa johtaa voimalaitoksen turhaan alasajoon tai tehonrajoitukseen. Se ei myöskään saa estää tarvittavaa turvallista alasajoa tai antaa järjestelmälle vapautta toimia virheellisesti.
- Häiriöiden leviäminen pitäisi estää: Järjestelmässä esiintyvät häiriöt tulisi pystyä rajaamaan mahdollisimman pienelle alueelle. On pyrittävä minimoimaan suojien laukaisut vikatilassa ja pitämään prosessi käynnissä niin pitkään kuin se on turvallisesti mahdollista.
- Järjestelmämuistit varmennetaan siten, että mitään tietoa ei menetetä sähkökatkoksen sattuessa. Systeemiajan ylläpito on varmistettava niin, että kellonaika säilyy erilaisissa häiriötilanteissa.
- Automaatiojärjestelmän on kyettävä rekisteröimään ja tallentamaan häiriöiden ja alasajojen alkuperäiset syyt sekä jatkoseuraukset
- Ohjauskäskyt pitää pystyä varmistamaan.
- Vianhaun pitää olla helppoa, nopeaa ja kehittynyttä laitetekniikkaa, joka käyttää avuksi vianhakuohjelmia ja järjestelmähälytyksiä.

- Kaikilta väylään liitetyiltä asemilta pitää olla mahdollisuus lukea mitä tahansa prosessitietoa riippumatta aseman sijainnista. Kaikkien tietojen on oltava käytössä vaadittujen sykliakojen sisällä fyysisestä sijainnista riippumatta.
- Järjestelmän pitää olla joustavasti muunneltavissa ja laajennettavissa voimalaitosautomaation tarpeiden mukaan. Yksittäisen aseman poistaminen, lisääminen tai muokkaaminen ei saa häiritä muita asemia eikä prosessin kulkua. I/O-yksiköiden poistaminen ja lisääminen pitää olla mahdollista prosessin käydessä.
- Järjestelmän vasteaikojen on oltava riittävän nopeat, jotta prosessin nopeimpienkin toimintojen ajaminen olisi mahdollista. Perusvasteajan tulee olla 1 sekunti tai nopeampi.
- Automaatiojärjestelmällä ja toimistolla pitää olla erilliset verkot tietoturvariskien minimoimiseksi.
- Järjestelmän on pystyttävä monimutkaistenkin säätöjen ja sekvenssiohjausten toteuttamiseen.
- Yksittäisten käyttö- ja toimilaitteiden käsioperoinnin pitää olla mahdollista yksittäisohjauksella automaatiosta huolimatta.
- Järjestelmän sovellusohjelmiston tulostaminen graafisessa muodossa pitää olla mahdollista.

Järjestelmän vikasietoisuuden parantamiseksi voidaan ehdottaa mm. seuraavia toimenpiteitä: (Joronen ym. 2007, 188.)

- Redundanttinen järjestelmä eli kriittisten toimintojen kahdennukset ja kolmennukset: Kaikki yhteiset järjestelmäkomponentit, tärkeimmät mittaukset, järjestelmän virransyöttö sekä sellaiset I/O-yksiköt, jotka vaikuttavat suoraan laitoksen toimintaan, tulisi kahdentaa. Vikatilanteessa vaihdon varaohjelmalle pitää sujua automaattisesti ja portaattomasti.
- Hajautus: Rinnakkaisten prosessilaitteiden ohjausliitäntöjen sekä redundanttisten mittausten liittäminen järjestelmään pitää tapahtua vähintään erillisten I/O-korttien kautta. Liitäntöjen hajautuksen eri prosessiasemille tulee olla myös mahdollista, mikäli sillä

voidaan saavuttaa lisävarmuutta. Käytettäessä monikanavaisia I/O-kortteja huolehditaan, että samalle kortille ei tule useampia kriittisiä ohjauksia tai säätöjä. Mikäli pääte-laitteet on kahdennettu, voidaan ne varmuudeksi kytkeä eri prosessiasemiin. Vi-kasietoisuutta saadaan myös parannettua siten, että yksittäisen prosessilaitteen tai vas-taavan ohjelmallisen kokonaisuuden toimintoja ei pyritä hajauttamaan erillisille proses-soreille tai niiden alaisille yksiköille.

- Impulssiohjausperiaate: Ohjaukset ja lukitukset on voimalaitosympäristössä perintei-sesti toteutettu impulssiohjauksella. Tämä tarkoittaa käytännössä erilaisten käyntiin- ja seis- ohjauskäskyjen antamista automaatiojärjestelmästä moottoriohjauskeskuksiin. Impulssiohjaus mahdollistaa järjestelmästä lähtevien ohjauspiirien aktiivisen kunnon tarkkailun mahdollisten katkosten varalta. Valvonta tapahtuu yksittäiohjauskorttien si-säisen diagnostiikan avulla. Johdinkatkoksia kosketusantureissa valvotaan käyttämällä vaihtokoskettimia tai valvontavastusta sulkeutuvan koskettimen yli. Nämä keinot aut-tavat saamaan tietoa piirin mahdollisista vioista, ennen kuin laitetta pitäisi pystyä oh-jaamaan tai lukituksen pitäisi toimia.
- Ohjauskäskyjen varmistus: Ohjauskäskyt tulevat järjestelmästä 2-kanavaisesti eli kah-den vahvistimen ohjaamana. Toista kanavaa käytetään eräänlaisena ohjattuna vapau-tuskanavana. Tämä on yhteinen molemmille ohjauskäskyille, esimerkiksi ”Käy” ja ”Seis”. Ohjauskäskyn varmistusta sovelletaan myös, kun ulkopuolisen laitteen ohjauk-sessa käytetään ohjaavan ja ohjattavan laitteen OK-tilaa vapautuksena molempiin suun-tiin.

Täydellisen vikasietoisuuden saavuttaminen on käytännössä hyvin vaikeaa, mutta huolelli-nen suunnittelu sekä edellä mainitut toimenpiteet edesauttavat voimalaitoksen toimintaa ja käyttöä.

Häiriöiden ja vikojen alkuperää selvitettäessä on hyödyllistä toteuttaa seuraavanlaiset toi-menpiteet: (Joronen ym. 2007, 189.)

- Kaikki hälytykset ja tapahtumat näkyvät näytöissä ja tulostuksissa. Lisäksi ne tulee rekisteröidä järjestelmän muistiin vähintään 10 ms:n resoluutiolla. Poikkeuksena ovat kytkinlaitosten hälytykset ja tapahtumat, jotka pitäisi rekisteröidä vieläkin tarkemmalla resoluutiolla.

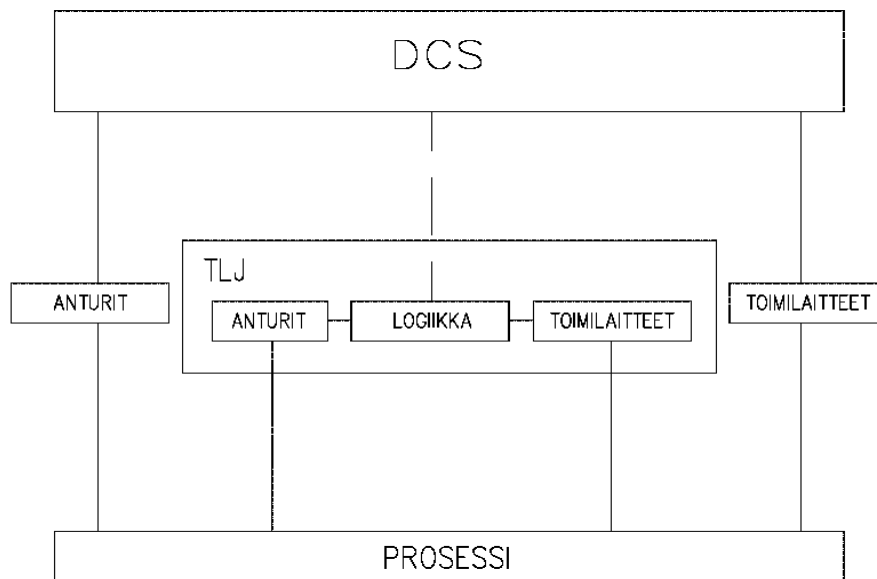
- Häiriöiden ja tapahtumien alkusyy selvittämiseksi on kannattavaa käyttää hyväksi järjestelmän selauskykyä. Haettaessa vikatietoja asetetaan hakuun erilaisia valintakriteereitä, kuten aikaväli, jolloin häiriö on tapahtunut, tai prosessialue, jossa vika on ilmennyt.
- Käytetään tietojen rekisteröintiin niihin suunniteltuja häiriötilanneraportteja.

Tavallisesti pääautomaatiojärjestelmä käsittää ainakin seuraavat laitteistot, osajärjestelmät tai komponentit: (Joronen ym. 2007, 189.)

- valvomolaitteet, kuten operaattorityöasemat ja kirjoittimet
- prosessiasemat keskusyksikköineen ja I/O-liityntöineen
- väyläjärjestelmät
- järjestelmäkaapit
- virransyöttölaitteet
- suunnittelutyöasema ja mahdolliset muut suunnittelu- ja huoltolaitteet
- raportointi/historia-asema (PC- tai palvelinlaitteisto).

3.4 Turvallisuuteen liittyvät järjestelmät

Turvallisuuteen liittyvä järjestelmä (TLJ) toimii pääautomaatiojärjestelmästä erillisenä suojausjärjestelmänä, jonka on tarkoitus keskeyttää prosessi tai ohjata se turvalliseen tilaan prosessin ajautuessa ihmisille tai ympäristölle vaaralliseen tilaan. TLJ sisältää koko suoja-laitteketjun antureista logiikkaan ja toimilaitteisiin. TLJ:n ei ole tarkoitus itsessään ohjata prosessia vaan tarkkailla sen tilaa ja vasta tarvittaessa suorittaa tilanteen vaatimat toimenpiteet. Kuviossa 3 esitetään periaatekuva TLJ:stä. (Joronen ym. 2007, 200.)

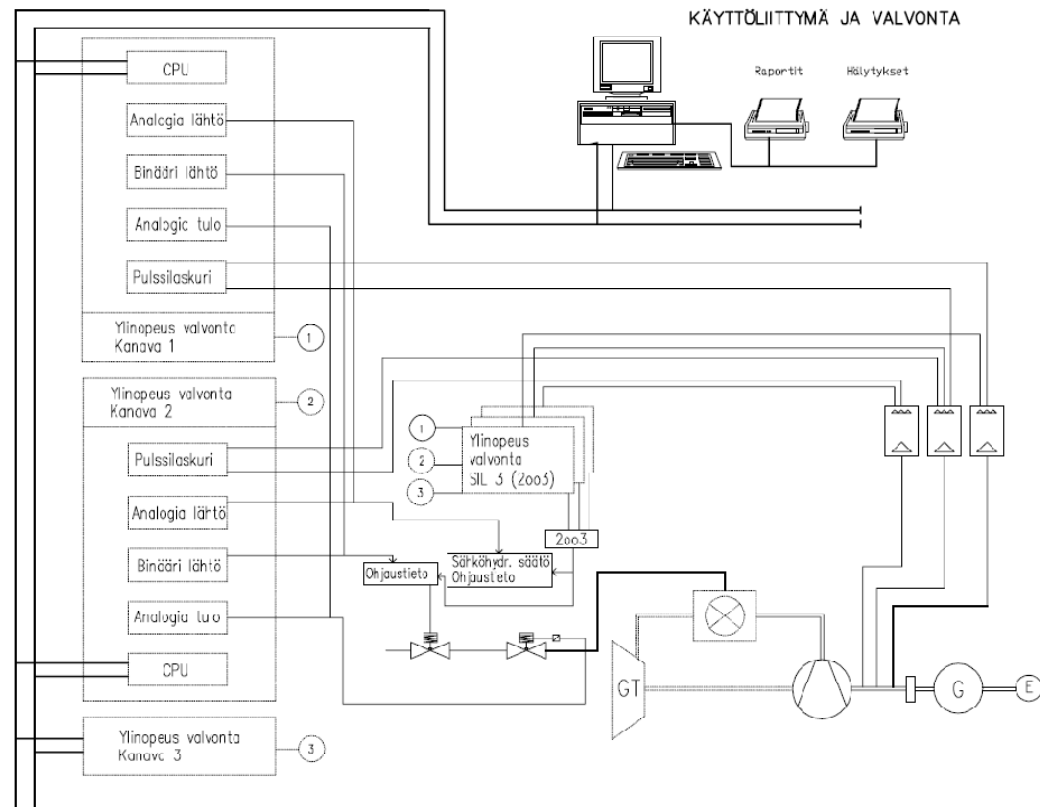


KUVIO 3. Turvallisuuteen liittyvä järjestelmä

Voimalaitoksilla toteutetaan tyypillisesti seuraavanlaisia turva-automaatiosovelluksia: (Joronen ym. 2007, 200–201.)

- kattilasuoja
- poltinsuoja
- höyryturbiinin ylikierrossuoja ja muu suojaus (laitoskohtaista)
- välitulistuksella varustetuissa kattiloissa korkeapaineosan ylipainesuoja
- kaasuturbiinin suoja
- mikä tahansa automaatiolaitteilla toteutettu suoja, jonka turvallisuuden eheytytaso (TET) on vähintään TET 1. Tällainen voi tulla tehtäväksi esimerkiksi silloin, kun jossain poikkeustilanteessa ylitetään varoventtiilin mitoitus.

TET-tasot luokitellaan kolmeen ryhmään TET 1, TET 2 ja TET 3, joista TET 3 on korkein turvallisuustaso, jota laiteelta tai järjestelmältä voidaan vaatia. Kuviossa 4 on esitetty kuva tason TET 3 turbiinisuojusta, joka toimii kaksi kolmesta (2oo3) -tyyppisellä varmistuksella.

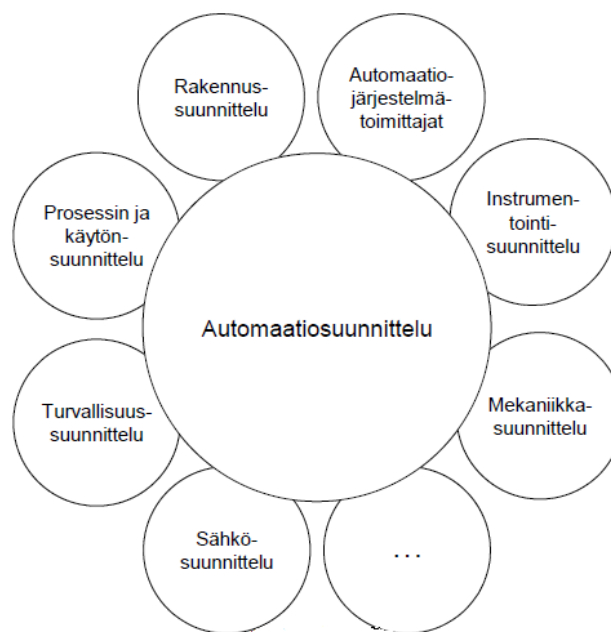


KUVIO 4. Turbiinisuojaus TET 3.

TLJ:n toimintaa testataan ennen käyttöönottoa mahdollisimman perusteellisesti kaikki laukaisukombinaatiot huomioon ottaen. TLJ:n turvallisuustason säilymiseksi koko järjestelmän elinkaaren ajan sitä testataan määräajoin laitoksen käytön aikana. Tyypillinen määräaikaistestausväli voimalaitoksilla on yksi vuosi. (Joronen ym. 2007, 201.)

4 AUTOMAATIOSUUNNITTELU

Automaation osuus kokonaisprojektissa on yleensä melko pieni koska automaation suunnittelu kulkee vahvasti muun suunnittelun ehdoilla. Kokonaistoimituksena toteutettavilla projekteilla on paljon suunnittelualoja joilla automaatiolla on yhteisiä rajapintoja. Tällaisia suunnittelualoja ovat esimerkiksi prosessisuunnittelu, laite- ja mekaniikkasuunnittelu, rakennussuunnittelu ja sähkösuunnittelu. Automaatiosuunnittelun lähtötietoja kerätään kaikilta näiltä suunnittelualoilta, mikä tarkoittaa sitä, että automaatiosuunnittelu on yleensä viimeisenä käynnistettävä suunnitteluvaihe. Kuvio 5 kuvaa automaatiosuunnitteluun liittyviä rajapintoja. (Strömman 2008.)



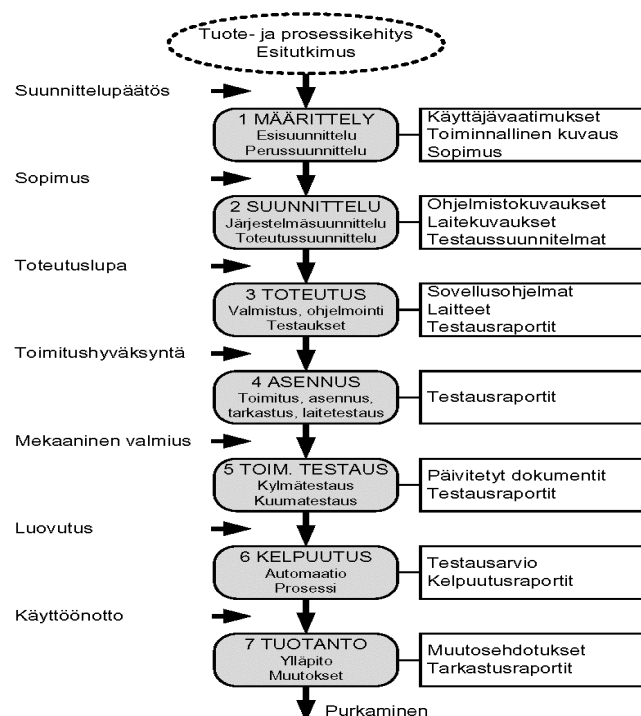
KUVIO 5. Automaatiosuunnittelun rajapinnat (Strömman 2008.)

Tehokkaan ja laadukkaan suunnitteluprosessin edellytyksenä nykypäivän verkottuneessa ympäristössä voidaan pitää molempien osapuolten, asiakkaan ja toimittajan, täsmällistä ja

yhteisestä käsitystä suunniteltavasta kohteesta sekä projektin kulusta. Tämän mahdollistamiseksi tarvitaan apuun yleistä terminologiaa ja yhteisiä ajatusmalleja.

4.1 Automaatiosuunnittelun elinkaarimalli

Automaatiojärjestelmän elinkaari voidaan jakaa peräkkäisiin vaiheisiin. Vaihejaon lisäksi elinkaarimalliin on hyvä sisällyttää kuvaukset käsiteltävistä ja tuotettavista tiedoista, tukiprosesseista, käytettävistä suunnitteluresursseista jne. Eri alat ja standardit esittävät automaatiojärjestelmän eri tavoin. Myös käytännön projekteissa menettelyt on hyvä sopia tapauskohtaisesti. Tässä on otettu esimerkiksi Suomen Automaatioseura ry:n julkaisuissa *Automaation laatu – parhaat käytännöt* ja *Automaatiosuunnittelun prosessimalli – yhteiset käsitteet verkottuneen suunnittelun perustana* esitetty vaihejako. Kuviossa 6 esitetään automaatiojärjestelmän elinkaaren vaiheet. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 15.)



KUVIO 6. Automaatiojärjestelmän elinkaaren vaiheet (Suomen Automaatioseura ry 2007, 16.)

Tämän työn yhteydessä pyritään täyttämään elinkaaren ensimmäisen vaiheen, määrittelyn, esisuunnittelun tietojen kerääminen eli esisuunnittelu Kellosaaren kaasuturbiinilaitokselle. Määrittelyvaiheen lyhyt kuvaus Suomen Automaatioseura ry:n automaatio suunnittelun prosessimallin mukaan on seuraava:

- Määrittelyvaihe (specification phase): automaatiojärjestelmän vaatimukset ja toiminnot määritellään toimittajan puolella tapahtuvaa tarkempaa suunnittelua ja toteutusta varten. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 16.)
 - Esisuunnittelu (preliminary design): asiakas määrittelee järjestelmän käyttäjävaatimukset sekä laatii alustavan kelpuutus suunnitelman. Lisäksi esisuunnittelussa arvioidaan järjestelmän hyödyt ja kustannukset investointipäätöksen tekemistä varten. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 16.)

Automaatiojärjestelmän elinkaaren kaikki vaiheet ovat tarkemmin kuvattuna Suomen Automaatioseura ry:n teoksessa SAS 2007.

4.2 Lähtötiedot ja vaatimukset

Hankkeen lähtiessä liikkeelle lähtötiedot ja vaatimukset edustavat automaatiojärjestelmän käyttäjien ja asiakkaiden näkökantaa eli ongelma-avaruutta. Oikea lähestymistapa olisi lähteä liikkeelle vaatimusten analysoinnista, jonka jälkeen määritellään järjestelmän toiminta toteutusriippumattomasti. Viimeiseksi suunnitellaan toteutus. Näin toimittaessa säilytetään suunnittelun vapaus mahdollisimman pitkään ja jokaisessa suunnittelun vaiheessa päästään valitsemaan lopputuloksen kannalta paras vaihtoehto. Tämän toimintamalli ei ole kuitenkaan kovin tehokas, mikäli aikataulu on tiukka, sovellusalue on entuudestaan tuttu tai tarjolla on valmiita ratkaisuja. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 20.)

Yleensä automaatiohankkeen kannalta tärkeimmät lähtötiedot ja vaatimukset syntyvät jo esisuunnitteluvaiheessa. Esisuunnittelun tarkoituksena on kerätä mahdollisimman kattavat tiedot investointipäätöstä varten. Esisuunnittelua varten ei ole olemassa valmiita sääntöjä tai malleja, vaikka tuloksista pitää yleensä löytyä samoja asioita. Tällaisia seikkoja ovat

ainakin hankkeen toteuttamismahdollisuudet, siihen liittyvät riski- ja turvallisuustekijät ja niiden hallittavuus. Lisäksi mukana on yleensä alustava kustannusarvio. Esisuunnittelusta vastaa joko asiakas tai tämän konsultti. Joissain tapauksissa esisuunnittelu voidaan myös tilata toimittajalta. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 20.)

Automaation kannalta tarkasteltuna uusinta- ja laajennustapauksissa lähtötietoina käytetään jo olemassa olevaa dokumentaatiota, jonka taso voi kuitenkin vaihdella suuresti tapauskohtaisesti. Esisuunnittelun tuloksista tärkeimpiä ovat sopimus ja sen liitteenä toimitettavat PI-kaaviot, ajotapakuvaukset, lähtötiedot ja muut vaatimukset. Esisuunnittelun tehtävänä on tarkastella automaatiohanketta käyttäjän näkökulmasta. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 20.)

4.2.1 Lähtötiedot

Lähdettäessä määrittelemään automaatiota hyvänä lähtökohtana on käydä läpi tuote, tuotanto, henkilöstö ja erityisesti prosessikuvaus. Prosessikuvaus on se osa jolla kuvataan koko prosessia tai sen osia, joita automaatiolla on tarkoitus hallita. Kuvaukseen sisältyy seuraavia asioita:

- PI-kaaviot
- ajotapakuvaukset
- eri konfiguraatiot ja käynnistyssekvenssit
- lukitukset
- eri tuotantotilanteet ja niiden vaihtoon liittyvät toimenpiteet
- normaalit hätäpysäytykset
- laitoksen purkaminen käyttöiän lopulla. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 20-21.)

Hankkeen onnistumisen kannalta on tärkeää onnistua lähtötietojen paikkansapitävydessä ja oikea-aikaisuudessa. Virheiden ilmaantuminen aiheuttaa välittömästi ylimääräistä työtä ja pahimmassa tapauksessa hankkeen läpiviennin viivästymisen. Etenemisen kannalta ihanteellista on, että tiedot tulevat oikein ja ajallaan. On kuitenkin mahdollista viedä automaatio-suunnittelu läpi epävarman suuruusluokkatiedon pohjalta. Näin toimittaessa aikataulujen viivästyminen ja muut ongelmat voivat kuitenkin aiheuttaa paljon ylimääräistä päänvaivaa, joka olisi huolella pohjustettaessa ollut vältettävissä. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 21.)

Käytännössä automaatio-suunnittelun lähtötiedot jäävät tilaajan vastuulle. Silloin kun kyseessä on uuden laitoksen suunnittelu, lähtötiedot syntyvät valtaosin prosessi- ja tehdas-suunnittelun tuloksena. Vanhoja laitoksia modernisoitaessa lähtötietojen hankkiminen vaatii pahimmassa tapauksessa koko olemassa olevan laitoksen läpikäymistä. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 21.)

4.2.2 Vaatimukset

Prosessikuvauksen perusteella saadaan esisuunnitteluvaiheessa kerättyä automaatiojärjestelmän suunnitteluun tarvittavat lähtötiedot. Käytännössä se tarkoittaa seuraavien asioiden kartoittamista:

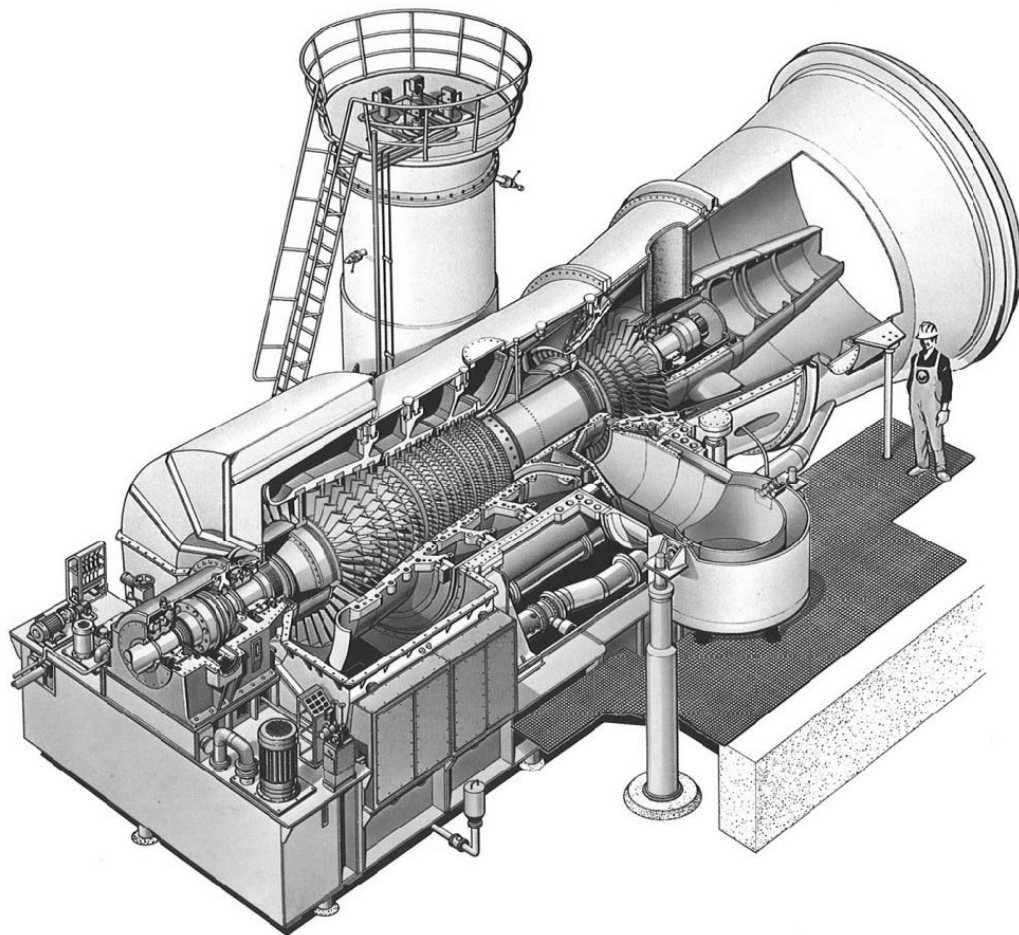
- I/O-lukumäärät
- säätöpiirien lukumäärät
- toimilaitteiden mitoitus tiedot
- erilaisten näyttöjen lukumäärät
- tiedot henkilöistä, laitoksista ja muista ulkoisista asennuksista, jotka on otettava huomioon. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 21.)

Vaatimuksissa käydään siis läpi ne oleelliset ominaisuudet, jotka toimituksen tulee täyttää ympäristön, toiminnan ja käytön kannalta. Vaatimuksiin saatetaan myös liittää joitakin suorituskyykyyn, käytettävyyteen, luotettavuuteen, päästöihin ja turvallisuuteen liittyviä ominaisuuksia. Nämä ovat kuitenkin jo enemmän tapauskohtaisia yksityisseikkoja. Lisäksi vaatimuksissa voidaan määritellä laadunvarmistukseen ja dokumentointiin liittyviä yksityiskohtia sekä sisällyttää velvoite tiettyjen standardien noudattamiseen. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 21.)

Vaatimukset elävät hankkeen aikana ja tarkentuvat huomattavasti projektin edetessä. Josain vaiheessa projektia vaatimusten jäädytys tulee ajankohtaiseksi projektin etenemisen mahdollistamiseksi. Jäädytysajankohta elää projektikohtaisesti, mutta tulee tyypillisesti vastaan melko alkumetreillä, sillä esimerkiksi tilaustyönä valmistettavien laitteiden hankinta ja toimitusajat ovat kriittisessä asemassa projektin etenemisen kannalta. Vaatimusmäärittely onkin parempi suorittaa jatkuvana yhteistyönä asiakkaan kanssa kuin pitää sitä tiukasti lukkoon lyötynä dokumenttina, sillä muutoksia voi tulla lisää projektin edetessä. Projektin läpiviennin onnistumiseksi osapuolten on sovittava vaatimusten hallintamenettelyistä. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 21.)

5 KELLOSAAREN KAASUTURBIINILAITOS

Kellosaaren voimalaitos käsittää kaksi kevyellä polttoöljyllä toimivaa kaasuturbiinia, jotka käynnistystapaa lukuun ottamatta toimivat identtisesti. Ensimmäinen turbiini otettiin käyttöön vuonna 1973 ja toinen heti seuraavana vuonna 1974. Molemmat turbiinit ovat tehollaan 60 MW:n luokkaa, ja ne toimivat itsenäisinä blokkeina toisistaan riippumatta. (Kannisto 1975.) Kuvio 7 esittää Kellosaarella käytössä olevan kaasuturbiinin leikkauskuvan.



KUVIO 7. Kaasuturbiini (Siemensin esitysmateriaali 25.3.10.)

Molemmat blokit toimivat niin sanottuna yhden kierron prosessina, eli niissä tuotetaan vain sähkötehoa. Yhden kierron prosessin hyötysuhde jää melko alhaiseksi, n. 30 %:iin, joten

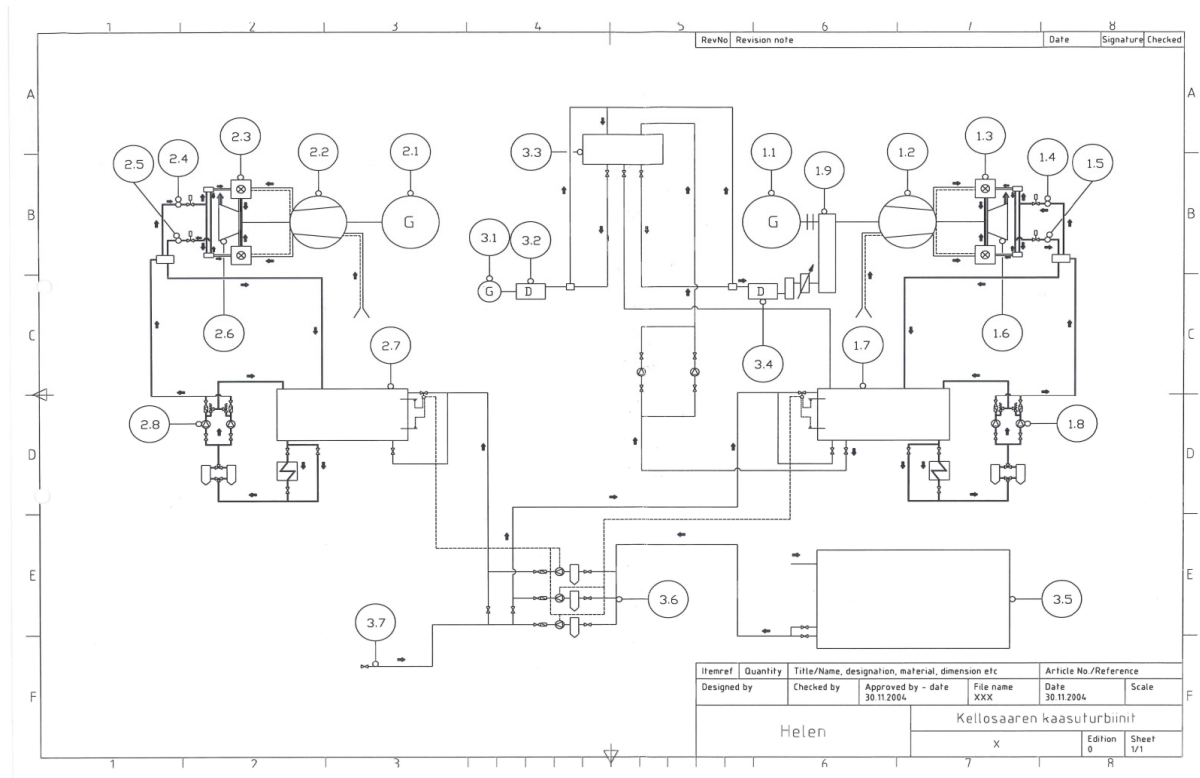
sen käyttö verkon pohjakuorman ajoon ei ole kannattavaa. Yhdistämällä kaasuturbiini- ja vesihöyryprosessi jolloin tuotettaisiin sekä sähköä että lämpöä, saataisiin laitoksen hyötysuhde nostettua helposti yli 50 %:n. Ongelmaksi tässä tapauksessa muodostuisi kuitenkin Kellosaaren voimalaitoksella käytettävä polttoaine, kevyt polttoöljy, joka on nykypäivänä niin kallista, että laitoksen käyttäminen pohjakuorman ajoon olisi pelkästään rahan tuhlaamista. Laitos pystyttäisiin muuttamaan maakaasukäyttöiseksi vaihtamalla vanhat öljypolttimet yhdistelmäpolttimiin, jotka pystyisivät polttamaan sekä öljyä että maakaasua. Ongelmaksi tässä muodostuu kuitenkin maakaasun tuominen keskelle Helsinkiä. Tämä on käytännössä mahdotonta tai niin kallista, että se ei ole kannattavaa. Lisäksi laitoksen sijainti keskellä asutusta tekee sen pitkäaikaisen käytön vaikeaksi meluhaittojen vuoksi. (Kannisto 1975.)

Kellosaaren voimalaitos toimiikin nykypäivänä puhtaasti vara- ja huippuvoimalaitoksena. Tällaisten laitosten käynnistyksen tarve tulee usein yllättäen ja erittäin lyhyellä varoitusaajalla. Siksi tehon saaminen verkkoon nopeasti on kaasuturbiinilaitoksen tärkein tehtävä. Kellosaaren voimalaitos on täysin automatisoitu miehittämätön laitos, joka saadaan ajettua verkkoon suoraan kaukokäytöllä Helsingin Energian sähkönjakelun keskusvalvomosta. Kellosaaren voimalaitoksen ajo täyteen tehoonsa, 120 MW:iin, onnistuu hätätilanteessa noin 10 minuutissa. (Kannisto 1975.)

5.1 Prosessi

Kellosaaren kaasuturbiinit ovat saksalaisen Kraftwerk Unionin toimittamia teollisuuskasuturbiineja, mallia V93.0. Yhteen kaasuturbiinikoneistoon kuuluu kaksi kaasunkehittintä, voimaturbiini ja generaattori. Kaasunkehittimessä on ahdin, joka syöttää puristetun ilman polttokammioon. Polttoaine ruiskutetaan polttokammioon, jossa tapahtuu palaminen. Polttokammiossa syntyvä kuuma palamiskaasu paisuu kaasunkehittimessä. Kaasunkehittimestä kaasuvirta ohjataan voimaturbiinille, joka puolestaan pyörittää generaattoria. Kellosaaren kaasuturbiinien käynnistys, käyttö ja pysäytys tapahtuvat täysin automaattisesti. (Kannisto 1975.)

Kellosaaren kaasuturbiiniblokit sisältävät keskenään sellaisia rakenteellisia eroja, jotka määräävät niiden käyttömahdollisuuksia. Seuraavassa luetteloidaan kaasuturbiinilaitoksen osat, sekä käydään läpi blokkien KE 1 ja KE 2 toiminnalliset poikkeavuudet. Kuvio 8 esittää kaasuturbiiniblokkien osat.



KUVIO 8. Kellosaaren kaasuturbiinit (Kannisto 1975.)

Kaasuturbiini 1

- 1.1 Generaattori
- 1.2 Ahdin
- 1.3 Polttokammiot 2x
- 1.4/1.5 Polttoöljyn virtausmittari 2x (meno/paluu)
- 1.6 Kaasuturbiini

- 1.7 Polttoöljysäiliö 10 m³
- 1.8 Polttoöljypumput 2 kpl
- 1.9 Vaihteisto ja kytkin

Kaasuturbiini 2

- 2.1 Generaattori
- 2.2 Ahdin
- 2.3 Polttokammiot 2x
- 2.4/2.5 Polttoöljyn virtausmittari
- 2.6 Kaasuturbiini
- 2.7 Polttoöljysäiliö 10 m³
- 2.8 Polttoöljypumput 2 kpl

Muut laitteet

- 3.1 Varavoimadieselin generaattori
- 3.2 Varavoimadiesel
- 3.3 Varavoima- ja käynnistysdieselin polttoöljysäiliö 1 m³
- 3.4 Käynnistysdiesel
- 3.5 Varastosäiliö 400 m³
- 3.6 Siirtopumput 3 kpl
- 3.7 Polttoöljyn lastaus autosta (Kannisto 1975)

5.1.1 Turbiini 1

Turbiini 1:n toiminta on täydellisempi, sillä sen käynnistäminen ei vaadi ulkopuolista sähköä. Turbiini 1:llä on oma dieselkäyttöinen käynnistysjärjestelmä, jonka avulla se saadaan ajettua tuotantoon. Dieseljärjestelmästä saadaan turbiinin tarvitsema omakäyttöjännite sekä automatiikalle että akkujen lataamiseen. Lisäksi siitä saadaan jännite laitoksen käytönvalvontaan sekä varavalojärjestelmään. (Kannisto 1975.)

Käynnistysdieselistä saadaan ulos 1470 kW:n teho. Sen tarkoituksena on vetää turbiini pyörimään vaihteiston ja irrotettavan kytkimen välityksellä. Generaattori on mahdollista tahdistaa joko normaaliverkkoon tai jännitteettömään verkkoon noin kuudessa minuutissa sen saatua käynnistyskäskyn. (Kannisto 1975.)

Tehoa pystytään nostamaan ensimmäisen puolen minuutin aikana n. 15 MW, sen jälkeen normaaliajossa n. 9 MW minuutissa ja pikaohjelmalla 12 MW minuutissa. Tämän lisäksi löytyy oma ohjelma kompensatioajoa varten, mikä tarkoittaa sitä, että tahdistuksen jälkeen turbiini pysäytetään ja generaattori jää pyörimään verkkoon. (Kannisto 1975.)

5.1.2 Turbiini 2

Turbiini 2:n käynnistys tapahtuu sähkömoottorilla, irrotettavan kytkimen välityksellä. Sähkömoottorin teho on 1700 kW. Koska turbiini 2:n ja generaattorin välinen kytkentä on kiinteä, se ei sovi kompensatioajoa eikä sitä myöskään voida käynnistää jännitteettömään verkkoon. Muuten se on ominaisuuksiltaan identtinen turbiini 1:n kanssa eli, normaali- ja pikakäynnistys sekä tahdistusaika ovat vastaavat. (Kannisto 1975.)

5.2 Laitoksen käyttö

Kellosaaren voimalaitos on tarkoitettu Helsingin kaupungin sähköjakelun kuormitushuipujen tasaamiseen ja varavoimakäyttöön, mutta sitä voidaan myös käyttää valtakunnallisen verkon vajausten täyttämiseen.

Kellosaaren voimalaitoksen käyttö tapahtuu joko paikallisesti laitokselta, Helsingin Energian sähköjakelun keskusvalvomosta tai Fingridin valvomosta. Käyttöä varten valitaan ensin haluttu ohjelma sekä haluttu pätö- ja loisteho. Tämän jälkeen laitos käynnistyy elektroniikan ohjaamana käynnistyskäskyn saadessaan. Tehon säätö tapahtuu asetusarvoa muuttamalla, eikä se häiritse ohjelman kulkua. Kun laitos halutaan pysäyttää, annetaan pysäytyskäsky, joka käynnistää kaasuturbiinilaitoksen alasajo-ohjelman. Alasajo-ohjelma ajaa prosessia alas elektroniikan ohjaamana noin 10 MW/min. Turbiinin saavutettua paaksauskierrokset, noin 100 r/min, alasajo-ohjelma kytkeytyy pois. Turbiini pysäytetään paaksausajon päätteeksi 24 tunnin kuluttua. Paaksausajon tarkoituksena on ehkäistä turbiinin akselin vääntymistä sen ollessa vielä lämmin. (Kannisto 1975.)

5.3 Paikallisvalvomo

Molmrat turbiinit saavat ohjauksensa omista valvomoistaan, jotka sijaitsevat aivan niiden välittömässä läheisyydessä. Elektroniikkakaappien tunnuskoodit ovat saksalaisen turbiinitoimittajan Kraftwerk Unionin käsialaa. Kaappien tunnukset ovat seuraavat:

- HQ 01...03 ovat ohjauskaappeja, joista HQ 03 on varsinaisesti askelautomaatiikan kaappi, mutta sen sisältämä muu elektroniikka liittyy olennaisesti ohjauksiin.
- IQ01...IQ03 ovat mittaus- ja turbiininsuojakaappeja.
- IR01 sisältää analogisen automaation turbiineille.
- EH 01...02 ovat 24 V:n tasajännitteen jakokaappeja.
- EA 01 On 220 V:n tasajännitteen jakokaappi.

Lisäksi valvomoissa ovat generaattorin jännitteen ja loistehon säätökaapit, akustojen la-
tauslaitekaapit ja kauko-ohjauskaapit, joiden kautta keskusvalvomosta tulevat ohjaukset
liitetään laitteistoon. (Kannisto 1975.)

5.4 Askelautomaatiikka

Kaapista HQ 03 löytyy varsinaisen askelautomaatikan runko: ylösajo-ohjelma, joka sisäl-
tää yhdeksän ohjauskorttia, ja alasajo-ohjelma, johon kuuluu kuusi ohjauskorttia. Näillä
korteilla ohjataan myös askeleen näyttötaulua. Kaappi sisältää myös muita kortteja, joita
tarvitaan askeleen käsittelyyn. Kortit ovat Simatic P -ohjauskortteja, joissa 24 V = looginen
”1”. Yksi kortti voi pitää sisällään kaksi askelta. Jokainen askel käydään läpi vuorollaan,
kunnes tullaan ohjelman viimeiseen kohtaan, jolloin ohjelma pysähtyy. Ylösajon aikana
askelautomaatiikka voidaan keskeyttää haluttuun paikkaan ja kytkeä jälleen päälle antamal-
la uusi käynnistyskäsky. Ohjelma jatkaa automaattisesti samasta kohdasta, mihin se pysäy-
tettiin. Silloin kun ohjelmaa on ajettu käsin, jatkaa automaatiikka käynnistyskäskyn saades-
saan pysäytetystä kohdasta. Pysäytyspainikkeella ohjataan päälle pysäytysohjelma. Tällöin
teho alkaa pudota automaattisesti ohjattuna kohti nollaa, jonka jälkeen polttoaineen saanti
katkeaa ja turbiinin kierrosluku laskee pyörimislaitteen määräämälle tasolle. Myös alasajo
voidaan suorittaa käsiajolla. Normaali tilanteessa käytetään sekä ylös- että alasajossa askel-
automaatiikkaa, sillä se on paras tapa niin käyttäjän kuin prosessinkin kannalta. Automa-
tiikka on optimoitu käyttötarpeen ja turbiinin kestoisuuden kannalta, ja se estää turbiinia
rasittavat mahdolliset käyttövirheet. (Kannisto 1975.)

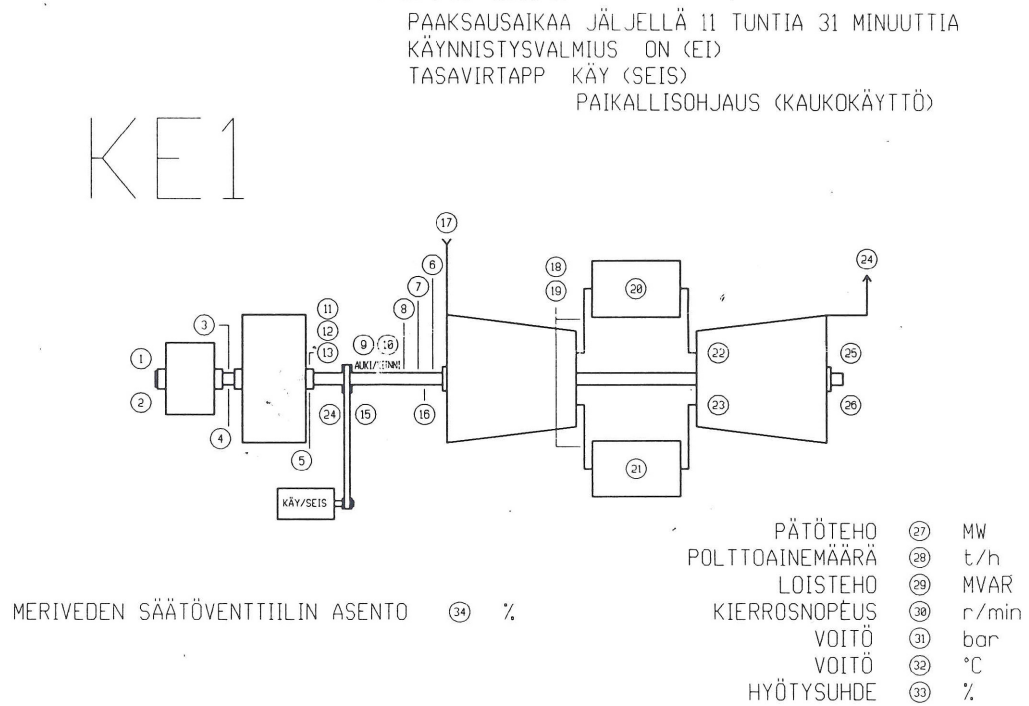
Askelautomaatiikkakaapista tulevat myös ohjauksen vaatimat aikatiedot ja viiveet. Jokaista
askelta valvotaan ajallisesti ja jonkin osa-alueen ylittäessä annetut rajat turbiini menee pi-
kasulkuun. Askelautomaatiikan tehtävänä on antaa käskyt ns. alaryhmille, ts. kytkeä auto-
matiikat toimintaan tai pois ohjelman mukaan. (Järvi 2010.)

5.5 Elektroniikka

Kuten edellä mainittiin, askelautomaatiikka on toteutettu Simatic P -korttijärjestelmällä, mutta kun katsotaan voimalaitoksen koko elektroniikkaosastoa, siihen liittyvät mm. Simatic N, Transidyne B, Transikont S ja Teleperm B -korttijärjestelmät. Lisäksi laitoksen automaatiikasta löytyy erikoiskortteja, jotka on tehty ”käsityönä” vastaamaan kaasuturbiinilaitoksen tarpeita. Kokonaisuudessaan Kellosaaren voimalaitos pitää sisällään 1370 järjestelmäkorttia eli 685 korttia turbiinia kohti. Kokonaismäärä käsittää 191 toiminnaltaan erilaisista ohjaus-, suojaus-, mittaus- ja valvontakorttia. (Kannisto 1975.)

5.6 Käytönvalvontalaitteisto

Kaasuturbiinivoimalaitoksen käytönvalvonnasta Kellosaarella vastaa HIMA-järjestelmä. Alkuperäinen käytönvalvontalaitteisto MALKA jouduttiin korvaamaan 1990-luvun alkupuolella sen vikaannuttua. Käytönvalvontalaitteisto pitää sisällään prosessin valvonnan ja kriittisten mittausten ylläpidon tarkkailun. Lisäksi HIMA valvoo tärkeimpiä ohjauksia kaasuturbiiniprosessissa. Kuviossa 9 on esitetty Kellosaaren kaasuturbiiniblokin Ke 1:n käytönvalvontalaitteistoon tulevat prosessin mittaukset, sekä taulukossa 2 on listattu sanallisesti mittauksen nimi. Kuviossa 9 esitetään käytönvalvontalaitteistoon liittyvät mittaukset, jotka on listattu taulukkoon 2.



KUVIO 9. Käytönvalvontalaitteiston prosessikuva HIMA (Kellosaaren käytönvalvontalaitteisto)

TAULUKKO 2. Käytönvalvontalaitteiston prosessin valvonta

1	Herätinkoneen laakerin lämpötila	18	Ilman lämpötila ahtimen jälkeen
2	Herätinkoneen koneiston laakeritärinä	19	Ilman lämpötila ahtimen jälkeen
3	Generaattorilaakeri B:n lämpötila	20	Polttokammion 1 paine
4	Generaattorilaakeri B:n tärinä	21	Polttokammion 2 paine
5	Generaattorilaakeri A:n tärinä	22	Lämpötila turbiini vasen ylä
6	Ahtimen laakerilämpötila	23	Lämpötila turbiini oikea ylä
7	Turbiinin painelaakerin 1:n lämpötila	24	Savukaasun lämpötila
8	Turbiinin painelaakerin 2:n lämpötila	25	Turbiinilaakerin lämpötila
9	Kytkin auki	26	Turbiinilaakerin tärinä
10	Kytkin kiinni	27	Pätötehomittaus
11	Generaattorin laakeri: kehä AS lämpötila	28	Polttoaineen kulutus
12	Generaattorilaakerin A: lämpötila	29	Loisteho
13	Generaattorin laakeri: kehä BS lämpötila	30	Kierrosnopeus
14	Vaihteiston laakeriöljyn lämpötila	31	Voiteluöljyn paine
15	Vaihteiston laakeriöljyn lämpötila	32	Voiteluöljyn lämpötila
16	Ahtimen laakeritärinä	33	Hyötysuhde
17	Ahtimen tuloilman lämpötila	34	Meriveden säätöventtiilin asento

HIMA toimii itsenäisenä järjestelmänä erillään pääautomaatiojärjestelmästä. Sen tehtävänä on varmistaa prosessin turvallinen kulku. Mikäli prosessissa tapahtuu jotain odottamatonta, se antaa tietoa eteenpäin järjestelmään ja tarvittaessa pysäyttää prosessin eli antaa pikasulkukäskyn.

Kellosaaren toisella kaasuturbiiniblokilla Ke1:llä MALKA- ja HIMA-järjestelmät ovat käytössä osin päällekkäin. MALKA huolehtii blokin hälytyksistä ja HIMA-järjestelmä vastaa mittaustietojen valvonnasta. Ke 2:lla MALKA on poistettu käytöstä kokonaan.

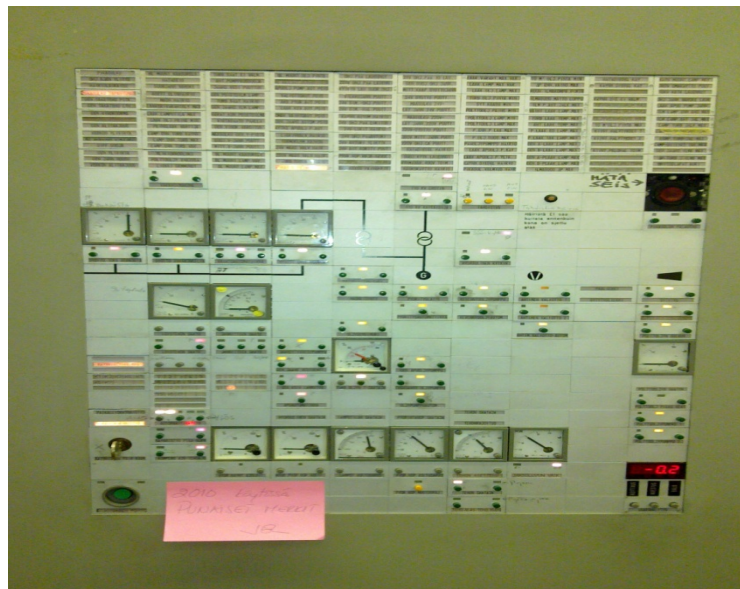
Koska kellosaaren automaatiojärjestelmään on ajan kuluessa tehty lukuisia lisäyksiä ja muutoksia, on vanhan järjestelmän päälle jouduttu rakentamaan uutta laitteistoa. Tämä tuottaa ongelman laitoksen I/O-määrän kartoitukseen Paras tapa tehdä tämä kartoitus on käyttää käytönvalvontajärjestelmän I/O-listoja, koska ne sisältävät kattavimman kokoonpanon laitoksen käyttöön, valvontaan sekä mittauksiin liittyvistä tiedoista. Taulukossa 3 on esitetty erittely näistä tiedoista. Taulukossa 3 on listattu Kellosaaren I/O laajuus.

TAULUKKO 3. Kellosaaren I/O laajuus

	DI	DO	AI	AO	Laskureita
Blokki 1	185	90	34	30	8
Blokki 2	176	90	28	30	6
Kaukokäyttö	28	4	10	4	

5.7 Kellosaaren automaatiojärjestelmä

Seuraavassa on käyty läpi Kellosaaren kaasuturbiinilaitoksen automaation rakenne toimintaryhmineen ja ohjaustasoiheen. Laitoksen ohjaukset tapahtuvat SIMATIC N- ja P- korttijärjestelmien toimesta. Kortit on sijoitettu paikallisvalvomossa sijaitseviin automaatiokaappeihin HQ01, HQ02 ja HQ03. (Helsingin Kaupungin Sähkölaitos.) Kuvio 10 esittää Kellosaaren kaasuturbiiniblokin ohjaustaulun.



KUVIO 10. Kaasuturbiinilaitoksen ohjaustaulu

5.7.1 Toimintaryhmäohjaus

Perinteisten tai atomikäyttöisten voimalaitosten automatisoinnin selventämisen vuoksi on tarpeellista jakaa koneteknillinen laite kiinteästi rajoitettuihin laitosalueisiin eli toimintaryhmiin. Jokainen toimintaryhmä jaotellaan samanlaisten toimilohkojen lukumäärän mukaan yhteen tai useampaan toimintaryhmään. Kaasuturbiinilaitosten automatisointia varten on kannattavaa sekä teknologiselta katsontakannalta että ohjattavien haarojen laajuuden vuoksi käsitellä laitosta yhtenä toimintaryhmänä.

Suurempien voimalaitosten ohjauksessa on yleistä, että toimintaryhmä koostuu alaryhmä-ohjauksista, lukituksesta ja yksittäisohjaustasosta. Kaasuturbiinilaitoksen ohjauksessa voidaan jättää pois perinteisessä voimalaitoksessa käytettävät ryhmäohjaukset ja laitoksen ohjaustasot, joita tarvitaan useaan kertaan voimassa olevien alaryhmien tai toimintaryhmien johtamiseen. (Helsingin Kaupungin Sähkölaitos.)

5.7.2 Alaryhmäohjaus

Alaryhmäohjaus muodostuu kahdesta eri ohjelmaosasta ”Käyttö” ja ”Pysäytys”. Ohjelmalla ”Käyttö” käynnistetään kaasuturbiinilaitos ja ohjelmalla ”Pysäytys” ajetaan laitos alas. Alaryhmäohjauksen rakenne on toteutettu niin, että se mahdollistaa kytkentäjaksojen toiston (ohjelmasilmut) ja ohjelma-askelten ohituksen (ylitykset), mikäli prosessi sitä vaatii. Ohjelman kulun aikana tapahtuvista häiriöistä seuraa hälytys. Alaryhmän ollessa kytkettynä pois päältä alaryhmäohjauksen toiminta on estetty eivätkä käskyt siirry yksittäisohjelmatasoon. (Helsingin Kaupungin Sähkölaitos.)

5.7.3 Yksittäisohjelmataso ja lukitukset

Yksittäisohjelmataso on laitoksen alin ohjaustaso. Kaikilla sähköisillä ohjaimilla, joita ohjataan kauko-ohjauksella, on oma yksittäisohjausrakenneosa ja sen kanssa sarjaan kytketty kytkentärele, jonka tehtävänä on vahvistaa signaali. Rakenneosa sisältää ohjaustaululta saatavia tulotietoja käsiohjausta varten sekä tarvittavia tuloja lukitusten ja käskyjen ohjaamiseen alaryhmäohjauksessa. Käskyn muokkaamisen lisäksi yksittäisrakenneosan tehtävänä on valvoa järjestelmän sisäisiä virheitä sekä havaita ja hälyttää suojan laukaisusta aiheutuvan katkaisijan laukaisu tai laitoksella tapahtuvan hätälaukaisu. (Helsingin Kaupungin Sähkölaitos.)

Suojalukitukset ja vaihtokytkentälukitukset tapahtuvat alaryhmäohjauksesta riippumatta. Niiden vaikutus kohdistuu suoraan yksittäisrakenneosiin. Lukituksia ei voida kytkeä pois yksittäisrakenneosissa toisin kuin alaryhmäohjauksessa. Lukitukset toimivat aktiivisina myös ohjaustaululta tapahtuvassa käsiohjauksessa suojaten yksityisiä vaiheita jatkuvasti.

Yksittäisohjauksiin kuuluvat seuraavien laitteiden ohjaukset:

- Moottorien ohjaus: Käyntiin / Seis
- Magneettiventtiilien ohjaus: Auki / Kiinni
- Asento-ohjaukset: ohjaimen sulkeminen ja avaaminen

5.8 Käsikäytön ja alaryhmäohjauksen välinen yhteistoiminta

Laitteiden käyttö ja pysäytys tapahtuu paikalliselta ohjauspulpetilta suoritettulla ohjauksella tai alaryhmäohjauksen itsenäisellä kytkentälogiikalla. Logiikka on toteutettu siten, että alaryhmäohjauksen ollessa kytkettynä käsiohjaus ei ole mahdollista. Käsiohjaus saadaan käyttöön kytkemällä alaryhmäohjaus pois päältä. Tämän jälkeen yksittäisten laitteiden ohjaaminen on mahdollista käyttäjän haluamassa järjestyksessä. Käsiohjausautomaatiikan kytkeminen pois päältä onnistuu vasta kun kaikki lukitusehdot on jälleen täytetty. (Helsingin Kaupungin Sähkölaitos.)

5.9 Automaattisen ohjauksen ja säädön yhteistoiminta

Säädöt sekä automaattiset ohjaukset on rakennettu erikseen, koska niiden tehtävät käytön ohjaamisessa eroavat toisistaan. Säädinten tehtävänä on toimia normaalin käytönaikaisen toiminnan ohjauksena, kun automatiikka puolestaan huolehtii laitoksen ylös- ja alasajosta. Automaatiikka on vastuussa säätäjän toiminnasta. Sen tehtävänä on kytkeä säätöpiiri päälle tai pois tarvittavina hetkinä sekä muuttaa säätöpiirien ohjearvoa prosessin kannalta optimaaliseen suuntaan. (Helsingin Kaupungin Sähkölaitos.)

6 AUTOMAATION MODERNISOINTI

Lähtökohtana modernisoinnille pidetään vanhan järjestelmän, instrumentoinnin sekä kaapeloinnin täydellistä uusimista. Laitoksella käytettävä automaatio on saavuttanut elinkaarensa päätepisteen, eikä laitteiston ylläpito näin ole kannattavaa.

6.1 Modernisoinnin tavoitteet

Kellosaaren voimalaitoksen automaatiouusinnalla pyritään parantamaan laitoksen käyttö- ja käynnistysvarmuutta sekä lisäämään automaation elinkaarta 20 vuodella tulevaisuuteen. Uusimalla koko käytössä oleva automaatiojärjestelmä ja hankkimalla tilalle nykyaikainen kilpailukykyinen automaatoratkaisu pystytään varmistamaan varaosien saatavuus sekä järjestelmän toimintavarmuus pitkälle tulevaisuuteen.

6.2 Paikalliset olosuhteet

Nykyinen kaasuturbiiniautomaatio on Siemensin toimittamaa 1970-luvulla yleisesti käytössä ollutta transistorilogiikkaa, jota ohjataan SIMATIC N-, SIMATIC P- ja TRANSIDYN B -korttijärjestelmillä. SIMATIC N- ja SIMATIC P -korttijärjestelmät vastaavat järjestelmän ohjausautomaatiosta ja säätölogiikoista, kun taas TRANSIDYN B -korttijärjestelmä valvoo turbiinisäätöä. Kaasuturbiiniautomaatio sijaitsee voimalaitoksella paikallisvalvomoissa kaasuturbiinien välittömässä läheisyydessä.

Laitoksen käyttö tapahtuu ensisijaisesti kaukokäytöllä, mutta tämän lisäksi kaikki automaatioon liittyvät toimenpiteet, ohjaukset, valvonnat, säädöt yms. tulee voida suorittaa myös paikallisesti. Kaikki kaasuturbiiniprosessiin liittyvät mittaukset, hälytykset ja tilatiedot siirretään kaasuturbiinikohtaisesti Salmisaaren B-voimalaitoksen SaB:n prosessivalvontajärjestelmään.

6.3 Laajuus

Hankintaan kuuluu Kellossaassa sijaitsevan kaasuturbiinivoimalaitoksen molempien turbiiniblokkien, Ke1 ja Ke2, valvomojärjestelmä, automaatiojärjestelmä, kenttälaitteet ja tarvittava kaapelointi sekä liityntä kaukokäyttöjärjestelmään suunniteltuna, asennettuna, käyttöön otettuna, koekäytettynä ja dokumentoituna. Projektiryhmän palaverissa projekti-päällikkö Raine Lampio totesi, että alun perin konehankintaan sisällytetyt sähköhydrauli- sen säätimen muutostyöt siirtyvät automaatiohankinnan alaisuuteen (Projektiryhmän pala- veri 26.4.2010). Seuraavassa on yksityiskohtainen erittely automaatiomodernisoinnin kat- tamista kohteista: (Kontro & Kottonen 2007.)

- Kaasuturbiinien kierrosluku- ja tehonsäätö uusitaan kokonaan.
- Kaasuturbiinien suojausjärjestelmät uusitaan kokonaan, ja päivitetään vastaamaan ny- kypäivän turvallisuusvaatimuksia.
- Kaasuturbiiniautomaatio uusitaan kokonaan ja tässä yhteydessä selvitetään mahdolliset lisämittaustarpeet. Myös käytöstä poistettu värinänmittaus tulee uusia.
- Kenttälaitteet uusitaan täysin. Yksittäisten käyttökelpoisten toimilaitteiden etsiminen laitoksen instrumentoinnista on liian työlästä ja kallista. Lisäksi vanhan teknologian liittäminen uuteen mahdollisesti väyläpohjaiseen järjestelmään voi osoittautua hanka- laksi.
- Kenttäkaapelointi uusitaan kokonaisuudessaan ainakin lähtökohtaisesti. Vanhojen kaa- peleiden kunto ja käyttökelpoisuus selviävät parhaiten purkuvaiheessa.
- Paikallisvalvomot sekä kaukokäyttöjärjestelmä uusitaan kokonaan. Lisäksi vanha au- tomaatiotila puretaan ja siivotaan uuden automaation alta.
- Sähköhydraulinen säätäjä muutetaan korkeapaineiseksi tarkempien mittaustulosten saavuttamiseksi.

6.4 Uusi järjestelmä ja laitteisto

Uuden automaatiojärjestelmän tulee olla kaasuturbiiniprosessin ohjaukseen, säätöön, valvontaan ja suojaukseen soveltuva automaatiojärjestelmä, jonka tulee täyttää kaikki kaasuturbiiniprosessiin liittyvät nykyiset turvallisuusvaatimukset. Järjestelmän tulee olla kahdennettu siten, että molemmilla kaasuturbiiniblokeilla on itsenäiset automaatiojärjestelmänsä, joilla voidaan kuitenkin tarpeen vaatiessa ajaa myös toista turbiinia.

Järjestelmästä tulee löytyä ainakin seuraavat, toteutustavasta riippumattomat toiminnot, jotka sisältyvät yleisesti kaikkiin automaatiojärjestelmiin (Kurssimateriaali AS-84.1168. 2008):

- mittausautomaatio
- ohjausautomaatio
- prosessinhallinta
- valvonta ja raportointi
- liitännät muihin järjestelmiin.

Näistä toiminnoista löytyy tarkemmin rajattuja toimintoja ja piirteitä, joita kutsutaan tässä automaation perustoiminnoiksi. Uuden järjestelmän on pystyttävä toteuttamaan seuraavaksi määritellyt toimet joko itse tai jonkun erillisjärjestelmän avulla.

Automaatiojärjestelmän perustoiminnot (Kurssimateriaali AS-84.1168. 2008):

- mittaukset
- mittausten käsittely
- ohjaukset
- säädöt

- hälytykset
- tiedonkeräys
- käyttäjäliityntä (näytöt ja operointi)
- raportointi
- matematiikka ja logiikka
- väyläliitännät muihin järjestelmiin
- itsediagnostiikka
- varmennukset, kahdennukset, turvajärjestelmät
- prosessitiedon hallinta ja tallennus.

Järjestelmän hallinnan, muokattavuuden ja ylläpidon helpottamiseksi uudelta automaatiojärjestelmältä vaaditaan tiettyjä toimintoja ja työkaluja. Tällaisia työkaluja ovat (Kursimateriaali AS-84.1168. 2008):

- dokumenttien hallinta
- käytön opastus
- konfigurointiympäristö, eli ohjelmointi
- suunnittelu ja projektihallinta.

6.5 Esimerkkinä Franken tehtaan modernisointi

Siemens on tehnyt vuonna 2009 E.ON:n voimalaitokselle Frankeniin vastaavanlaisen kaasuturbiinin, V93.0, modernisoinnin. Franken voimalaitoksella Siemens on vastannut alkuperäisen automaatiojärjestelmän toimittamisesta, asennuksesta ja käyttöönotosta. Tämä antaa Siemensille vahvat lähtökohdat kilpailuun Kellosaaren voimalaitoksen automaation

kilpailutuksessa. Seuraavassa on käyty läpi Siemensin suorittaman automaatiouusinnan laajuus ja saadut hyödyt Franken voimalaitoksella. (Kleffner & Gera 2009.)

Siemens uusi koko vanhan automaatiojärjestelmän vastaamaan nykypäivän teknologiaa. Järjestelmäksi voimalaitokselle valittiin Siemensin oma SPPA-T3000- automaatiojärjestelmä. Tämä tarkoittaa sitä, että vanha hajautettu automaatiojärjestelmä on päivitetty väyläpohjaiseksi automaatiotarkistukseksi. Lisäksi erilliset valvomotilat on yhdistetty keskenään mahdollistaen prosessin seuraamisen ja valvonnan yhdessä automaatiotilassa. Uusi järjestelmä mahdollistaa huomattavasti varmemman ja tarkemman häiriönseurannan jäljitettävissä yksittäisiä ajon aikana ilmenneitä vikoja ja häiriöitä. (Kleffner & Gera 2009.)

Käytössä ollut hydraulinen turbiininsuoja, ylinopeussuoja, on vaihdettu elektroniseksi suojajärjestelmäksi, tämä mahdollista tarkemman ja varmemman turbiinisuojauksen. (Kleffner & Gera 2009.)

Lisäksi prosessin vedenkäsittelylaitoksen automaatio optimoitiin uuteen järjestelmään sopivaksi sekä optimoitiin järjestelmän höyry- ja vesikierto. Modernisoinnin yhteydessä suoritettiin kattavat tarkastukset ja vaadittavat huoltotoimenpiteet turbiinin ja generaattorin osalta, uusittiin kiertovesipumput sekä tehtiin tarkastuksia voimalaitoksen toiminnan varmistamiseksi. (Kleffner & Gera 2009.)

Siemens luokittelee Frankenissa suoritettun modernisoinnin saavutettuja etuja eri osapuolten kannalta seuraavasti:

Käyttäjälle kohdistuneet hyödyt modernisoinnista (Kleffner & Gera 2009):

- parempi suorituskyky
- voimalaitoksen elinajan kasvu
- säästöt verrattuna uuden laitoksen rakentamiseen
- parannukset mittaustulosten tarkkuuteen

- tarkistusten yhteydessä huomattujen vikojen ja puutteiden päivitys
- tulevaisuuden huoltotoimenpiteiden säästöt, esim. halvemmat ja paremmin saatavilla olevat varaosat
- päivitysten tuomat edut tarkistusten johdosta
- varaosien saatavuus huomattavasti parempi

Edut kuormituksen jakajalle:

- käynnistysvarmuuden kasvu
- nopea tehon saanti
- korkea käytettävyyssaste

Siemensin saavuttamat edut:

- asiakkaan tyytyväisyys alkuperäisen turbiinitoimittajan toimintaan
- parempi ja laadukkaampi tarjonta asiakkaalle varaosien suhteen
- kustannustehokkuus

7 ESISELVITYS

Turbiiniteknologian kehittyessä eteenpäin mahdollistaen yhä kasvavia hyötyjä voimalaitosten suorituskäytössä, luotettavuudessa ja tarjonnassa vanhojen kaasuturbiinilaitosten modernisointi tulee omistajilleen ajankohtaiseksi ja kannattavaksi hankkeeksi. Kellosaaren tapauksessa on kuitenkin otettava huomioon, että laitos on tarkoitettu tulevaisuudessakin puhtaasti varavoimalaitokseksi eikä tuotanto siellä ole kannattavaa modernisoinnin jälkeenkään erittäin kalliin polttoaineen ja yhdistetyn lämmöntuotannon puuttumisen vuoksi. Laitos on kuitenkin erittäin tärkeä Helsingille pimeäkäynnistysmahdollisuutensa johdosta.

Kellosaaren voimalaitoksen dokumentoinnin selvitys osoittautui heti alussa melko haastavaksi projektiksi. Voimalaitoksen dokumentointi on hajallaan useassa eri paikassa, eri voimalaitoksilla ja eri huoltoryhmillä. Lisäksi suuri osa laitokseen liittyvästä dokumentoinnista löytyy vain saksan kielellä, mikä aiheutti oman haasteensa projektin etenemiseen. Tässä vaiheessa pitikin miettiä, missä suuruusluokassa esiselvitystä tehdään ja mikä osa jätetään toimittajan selvitettäväksi etenkin, kun mukana kilpailussa oli alkuperäisen voimalaitoksen rakentanut ja käyttöön ottanut osapuoli. Lisäksi muillakin toimittajaehdokkailla on ennestään kokemusta vastaavanlaisen kaasuturbiinilaitoksen modernisoinnista. Lopuksi päädyttiin keräämään yhteen välttämättömimmät tiedot, joita tarjouskilpailussa mukana olevat yritykset ohjeistivat hankkimaan, ja tekemään teknillinen selvitys laitoksen toiminnasta ja laitteistosta.

7.1 Lähtötietojen kartoittaminen

Automaation esisuunnittelussa on kerättävä yhteen tietoa muiden suunnittelualojen tuottamista tiedoista. Automaatiosuunnittelu on yleensä se viimeinen vaihe, jossa lopulliset rajapinnat kohtaavat. Kellosaaren lähtötietojen kartoittaminen käynnistettiin laitoksen toiminnan kannalta välttämättömien tietojen keräämisestä, kuten PI-kaavioista, I/O-listoista, turbiinin säätöön liittyvistä teknisistä selvityksestä sekä toimilaitteiden kartoittamisesta. Li-

säksi Kellosaaren laitokselle olennainen kaukokäyttöliittymä oli tärkeänä osana selvitystyötä.

Kellosaaren esisuunnittelussa kerättiin yhteen seuraavat tiedot:

- käyttäjän toimintovaatimukset ja tavoitteet
- lähtötiedot tulevan suunnittelun pohjaksi
- automaatiojärjestelmän piiriin tulevat järjestelmät pääpiirteissään
- prosessin keskeiset ominaisuudet
- prosessiliitäntöjen määrä karkeasti
- potentiaaliset toimittajat
- työn jakaminen tilaajan ja toimittajan välillä
- käytössä olevat resurssit
- automaatioinvestoinnin kannattavuus
- automaatioaste.

7.2 Palaverit toimittajien kanssa

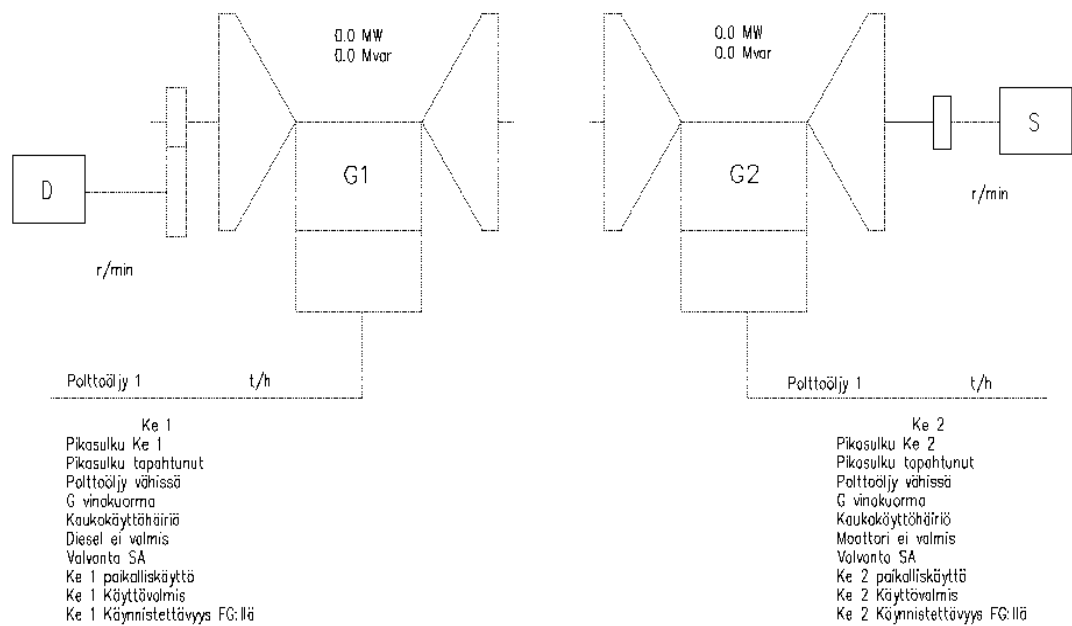
Kellosaaren automaation modernisointiin liittyen käytiin kaksi palaveria, joiden aiheena oli toimittajaehdokkaiden mahdollisuus esitellä omia automaatoratkaisujaan vanhan automaatiojärjestelmän korvaamiseksi. Palavereissa toimittajaehdokkaat esittelivät omia ehdotuksiaan kaasuturbiiniautomaation muuttamiseksi vastaamaan nykyaikaista voimalaitoskäyttöön soveltuvaa automaatiokokonaisuutta. Lisäksi molemmat toimittajat esittivät ratkaisuja prosessin valvonnan, tarkkuuden ja turvallisuuden parantamiseksi. Pääkohdaksi tässä muodostui turbiiniin ylinopeussuojan muuttaminen tarkemmaksi turvallisuusluokan SIL 3 suojaksi.

Palaverien tarkoituksena oli selvittää toimittajaehdokkaiden valmiudet suorittaa kyseinen projekti sekä aikataulullisesti että työvoiman kannalta. Koska modernisointi tullaan suorittamaan avaimet käteen -pakettina eli täysin toimintavalmiiksi asennettuna, tulee toimittajalla olla valmiudet laitoksen automaation toimitukseen, asennukseen, käyttöönottoon ja käyttöhenkilökunnan koulutukseen sovitussa ajassa. Molemmilla toimittajaehdokkailla löytyy aiempaa kokemusta saman kokoluokan kaasuturbiiniautomaation uusimisesta, joten referenssit ovat lähtökodiltaan hyvät kummallekin osapuolelle

Yhteenvedona molempien toimittajien kanssa todettiin, että mikäli halutaan varmistaa Kellosaaren voimalaitoksen toimintavarmuus 20 vuodella eteenpäin, on vanha automaatiojärjestelmä päivitettävä kokonaisuudessaan vastaamaan nykypäivän automaation vaatimuksia. Lisäksi yhteenvedossa todettiin, että vaikka käytössä olevassa varsinaisessa automaatiossa ei ole mitään yksittäistä vikaa, joka estäisi sen toimivuuden vielä 20 vuoden päästä tulevaisuudessa, on uusien varaosien hankkiminen laitokselle ajan myötä aina vaikeampaa. (Palaverit toimittajien kanssa 2010.)

7.3 Kaukokäyttöliittymä

Kellosaaren voimalaitoksen kaukokäyttö tapahtuu kaukokäyttökojeen I33 kautta. Kyseinen asema on otettu käyttöön 1990-luvun lopussa. Sen tehtävänä on korvata laitoksen alkuperäinen kaukokäyttöliittymä ZM20. Kaukokäyttökojeen vaihto suoritettiin tekemättä muutoksia laitoksen automaatiojärjestelmään hyväksikäyttäen vanhoja kytkentöjä ZM20-asemasta. Kaukokäyttöaseman toiminnan perustana on kerätä energiatietoja keskusvalvon SPIDER-järjestelmään sekä toimia laitoksen kaukokäyttöä ohjaavana järjestelmänä. Kuviossa 11 esitetään Kellosaaren kaukokäyttöliittymä.



KUVIO 11. Kaukokäyttöliittymä Kellosaari (Kellosaaren kaukokäyttö 2010.)

Käytössä oleva energianhallintajärjestelmä SPIDER poistuu käytöstä vuoden 2010 syksyn aikana. Korvaavana järjestelmänä tulee toimimaan TOSCA-tiedonkeruujärjestelmä. Tässä yhteydessä Kellosaaren kaukokäyttökoje I33 korvataan uudella RTU560-asemalla. Tarkoituksena on pitää käytössä olevat mittaukset ja ohjaukset ennallaan tekemättä muutoksia järjestelmään. Kuviossa 12 kuvataan kaukokäyttöliittymän ohjaukset ja asetusarvot.

Ke1		Ke2	
Asetusarvot Ke1		Asetusarvot Ke2	
Ke 1 pätö	40 MW	Ke 2 pätö	40 MW
Ke 1 lois	10 Mvar	Ke 2 lois	10 Mvar
Ohjaukset Ke1		Ohjaukset Ke2	
Käynnistys		Käynnistys	
Kompensatio käynnistys			
Tahdistuksen ohitus käynnistys			
Pysäytys		Pysäytys	
Päätöteho	0.0 MW	Päätöteho	0.0 MW
Loisteho	0.0 Mvar	Loisteho	0.0 Mvar
Ke1 paikalliskäyttö	TTV: ssä	Ke1 paikalliskäyttö	TTV: ssä
Ke1 käyttövalmis	Päällä	Ke1 käyttövalmis	Päällä
Ke1 käynnistettävyyden FG:llä	Päällä	Ke1 käynnistettävyyden FG:llä	Päällä

KUVIO 12. Kaukokäyttöliittymä asetukset ja ohjaukset (Kellosaaren kaukokäyttö 2010.)

Tarvittavat analogiamittaukset otetaan järjestelmästä milliampeeriviestinä ja pakolliset tilatiedot, kuten lukitukset, tuodaan binäärisinä kytkintietoina. (Kellosaaren kaukokäyttö 2010.)

7.4 Kenttälaitteet

Modernisoitaessa näin vanhaa laitetekniikkaa kuin Kellosaaren voimalaitoksella on käytössä ei vanhojen kenttälaitteiden säilyttämisessä saavuteta kovinkaan suuria etuja. Tässä tapauksessa automaatiojärjestelmä muuttuu suurella todennäköisyydellä perinteisestä hajautetusta järjestelmästä väyläpohjaiseksi automaatoratkaisuksi, jolloin vanhojen analogiatekniikkaan perustuvien kenttälaitteiden liittäminen uuteen automaatiojärjestelmään on hyödytöntä. Väyläpohjainen ratkaisu tarjoaa mahdollisuuden siirtyä nykyaikaisiin viisaisiin kenttälaitteisiin, jotka pystyvät tuottamaan huomattavasti suuremman määrän informaatiota prosessin kulusta kuin vanha laitetekniikka. Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka prosessissa tehtävät mittaukset pysyisivät ennallaan, saatavan tiedon määrä lisääntyy huomattavasti. (LIITE 2)

Vanhojen kenttälaitteiden tekninen kartoitus pitää suorittaa riippumatta siitä, säilytetäänkö niitä vai ei. Tällä toimenpiteellä saadaan uusien kenttälaitteiden vaatimuksille luotua tarkempaa pohjaa sekä saadaan mielikuva prosessin valvontaan tarvittavista laitteiden ominaisuuksista.

Koska Kellosaaren kaasuturbiiniblokkit Ke 1 ja Ke 2 ovat käytännössä identtisiä, ei ole kannattavaa kulutta resursseja molempien blokkien yksityiskohtaiseen läpikäyntiin, vaan tulee suorittaa tarkempi katsaus vain toiselle blokille. Taulukossa 4 on listattu Ke 1:ltä löytyvät kenttälaitteet. Taulukossa 4 on listattu Kellosaaren voimalaitoksen kenttälaitteet.

TAULUKKO 4. Kenttälaitteiden kartoitus

<i>Toimilaite</i>	<i>kpl</i>
Painekytin	12
Painemittari	29
Magneettiventtiili 2-tie	2
Magneettiventtiili 3-tie	5
Magneettiventtiili 4-tie	2
Rajakytkin	17
Lämpötilamittaus Ni-CrNi	14
Lämpötilamittaus Fe-Ko	13
Kosketuslämpötilamittari	10
Keraaminen lämpötilamittari/näyttö	4
Lämpötilaero (Teleperm)	2
Sytytysmuuntajan jännitemittaus	8
Liekinvalvonnan tarkkailu	6
Öljysäiliön lämmitys (rajatieto)	2
Lämpötilan säätimet	6
Collin anturi (lämmitysöljyn säätöventtiilin asento %)	2
Rengasmäntämittari	2
Sähköhydraulinen muunnin	1
Impulssimuunnin (Kierrosluvun mittaus/säätö)	1
Pinnanmittaus öljysäiliössä	1
Hall muuntimet	3
Tärinäanturi (laakerit)	1
Venymäanturi (laakerit)	1

8 ARVIOINTI JA POHDINTA

Uusittaessa 30 vuotta vanhaa automaatiojärjestelmää on vanhan teknologian säilyttäminen osana uutta järjestelmää hyödytöntä, sillä tekniikka on kehittynyt huomattavasti käytössä olevien laitteiden eliniän aikana. Lisäksi vanhan laitetekniikan liittäminen uuteen tuo mukanaan lisää työtä ja selvittettävää, eikä siinä näin ollen synny rahallisia säästöjä. Siirryttäessä vanhanaikaisesta hajautetusta automaatiojärjestelmästä nykypäivän väyläpohjaiseen automaatoratkaisuun saadaan prosessista huomattavasti kattavampi määrä dataa turbiinin toiminnasta ja käyttäytymisestä ajon aikana. Näin pystytään vertailemaan tulevaisuudessa laitoksen käyttäytymistä eri ajotilanteissa ja helpommin optimoimaan laitoksen käyttöä.

Tässä opinnäytetyössä suoritettu laitoksen tekninen kartoitus tehtiin turbiinitoimittajille lähetettävän tarjouspyynnön tueksi. Laitoksen tekninen kartoitus on suoritettu sekä Helsingin Energian ohjeistuksen että automaation toimittajaehdokkaiden kanssa yhteistyössä sovituissa määrin.

Teknisen kartoituksen lisäksi työssä tehtiin katsaus energiantuotantoon Suomessa sekä selvitettiin automaation roolia voimalaitosympäristössä. Sähköntuotannosta voidaan todeta, että Suomen kokoisessa harvaan asutussa maassa energiantuotannon hajauttaminen on hyvä ja toimiva ratkaisu valtakunnallisen sähköverkon toiminnan turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi.

Automaation kehitys voimalaitoksilla kulkee yleensä muutamia vuosia uusimpien kehitystapojen perässä, sillä voimalaitosautomaatio vaatii vuosien käyttökokemuksen tuoman varmuuden ja soveltuvuuden voimalaitoksen prosessin hallintaan. Voimalaitosolosuhteissa tapahtuvat järjestelmän vikaantumiset tai toimintavirheet aiheuttavat suuria rahallisia menetyksiä ja pahimmassa tapauksessa jopa vakavia henkilövahinkoja. Nämä riskitekijät saa-

daan suljettua pois, kun käytetään automaatiojärjestelmää, joka on todettu vakaaksi ja vi-
kasietoiseksi automaattioratkaisuksi.

LÄHTEET

Energiateollisuus: Sähköntuotanto. www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto>. Luettu 15.3.2010.

Fingrid hankkii varavoimaa. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.fingrid.fi/portal/suomeksi/uutiset/lehdistotiedotteet/?bid=147>.

Luettu 20.3.2010.

Helsingin Energia: Voimalaitoksen toiminta. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.helen.fi/energia/toiminta.html>. Luettu 15.3.2010.

Helsingin Kaupungin Sähkölaitos. Kellosaari 1 + 2 Simatic-laitos HQ01 - HQ03 V712.

Käyttöohjeet.

Joronen, T., Kovács, J. & Majanne, Y. 2007. Voimalaitosautomaatio. Helsinki:

Copy-Set Oy.

Järvi, T. Tapaamiset voimalaitoksella, Kellosaaren automaatiojärjestelmän kartoittaminen

23.–28.4.2010.

Kannisto, E. 1975. Kaasuturbiinilaitoksen askelautomaatiikan vian tutkimusmenetelmät.

Kellosaaren kaukokäyttö. Palaveri Keskusvalvomossa 15.4.2010.

Kleffner, W. & Gera, M. VGB Power Tech 10/2009 Modernisation of Franken 1.

Kontro, R. & Kottonen J. 2007. Selvitys HKE-MYY-0338: Kellosaaren kaasuturbiinilaitoksen modernisointi.

Kurssimateriaali AS-84.1168. 2008. Automaatioprojekti ja sen toteutus. Automaatiojärjestelmän perustoiminnot.

Palaverit toimittajien kanssa 16.3.2010 sekä 25.3.2010.

Projektiryhmän palaveri 26.4.2010.

Ruohonen, S. 2010 Mittavia investointeja ja uusia innovaatioita. Helsingin Energian henkilöstölehti Impulssi 2/2010.

Siemensin esitysmateriaali 25.3.2010.

Strömman, M. 2008. Automaation toimitusprojektit.

Suomen Automaatioseura ry. 2007. Automaatiosuunnittelun prosessimalli. Helsinki.

LIITTEET

LIITE 1. Automaatiojärjestelmän periaatekaavio

LIITE 2. Kaasuturbiinin mittauspisteet

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A																
B																
C																
D																
E																
F																
G																
H																
J																
K																
L																
M																
N																
O																
P																
Q																
R																
S																
T																
U																
V																
W																
X																
Y																
Z																
a																
b																
c																
d																
e																
f																
g																
h																
i																
j																
k																
l																
m																
n																
o																
p																
q																
r																
s																
t																
u																
v																
w																
x																
y																
z																
aa																
ab																
ac																
ad																
ae																
af																
ag																
ah																
ai																
aj																
ak																
al																
am																
an																
ao																
ap																
aq																
ar																
as																
at																
au																
av																
aw																
ax																
ay																
az																
ba																
bb																
bc																
bd																
be																
bf																
bg																
bh																
bi																
bj																
bk																
bl																
bm																
bn																
bo																
bp																
bq																
br																
bs																
bt																
bu																
bv																
bw																
bx																
by																
bz																
ca																
cb																
cc																
cd																
ce																
cf																
cg																
ch																
ci																
cj																
ck																
cl																
cm																
cn																
co																
cp																
cq																
cr																
cs																
ct																
cu																
cv																
cw																
cx																
cy																
cz																
da																
db																
dc																
dd																
de																
df																
dg																
dh																
di																
dj																
dk																
dl																
dm																
dn																
do																
dp																
dq																
dr																
ds																
dt																
du																
dv																
dw																
dx																
dy																
dz																
ea																
eb																
ec																
ed																
ee																
ef																
eg																
eh																
ei																
ej																
ek																
el																
em																
en																
eo																
ep																
eq																
er																
es																
et																
eu																
ev																
ew																
ex																
ey																
ez																
fa																
fb																
fc																
fd																
fe																
ff																
fg																
fh																
fi																
fj																
fk																
fl																
fm																
fn																
fo																
fp																
fq																
fr																
fs																
ft</																

LIITE 2. Kaasuturbiinin mittauspisteet

